



Veracruz 2021

**CONTRIBUCIONES
TECNOLÓGICAS PARA
EL FUTURO FORESTAL
Y AGROPECUARIO
VERACRUZANO 2021**



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

ISBN: 978-607-37-1360-3



Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Víctor Manuel Villalobos Arámbula
Secretario

Víctor Suárez Carrera
Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

Salvador Fernández Rivera
Coordinador General de Desarrollo Rural

Oscar Javier Fernández Morales
Representante de la SADER en Veracruz

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Luis Angel Rodríguez Del Bosque
Encargado del despacho de los Asuntos de la Dirección
General

Alfredo Zamarrripa Colmenero
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Luis Ortega Reyes
Coordinador de Planeación y Desarrollo

José Humberto Corona Mercado
Coordinador de Administración y Sistemas

Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Jorge Martínez Herrera
Director Regional

Sergio Uribe Gomez
Director de Investigación

Francisco González Naranjo
Director de Administración

“Contribuciones tecnológicas para el futuro forestal y agropecuario Veracruzano 2021”

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México. Tel.: 55-3871-8700

Primera edición en formato electrónico (Internet), 2021

Publicación en formato electrónico (Internet), número de ISBN: 978-607-37-1360-3

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en noviembre de 2021, en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio. de Medellín, Ver., México. CP. 94277, Teléfono: 553 871 8700, ext. 87809. Hecho en México

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

Compiladores: Rigoberto Zetina Lezama, Oscar Hugo Tosquy Valle, Ana Lid Del Angel Pérez, Ángel Ríos Utrera, Marcos Ventura Vázquez Hernández, Valentín Alberto Esqueda Esquivel, Claudia Perdomo Montes.



Veracruz 2021

CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL FUTURO FORESTAL Y AGROPECUARIO VERACRUZANO 2021



Sección I: AGRICULTURA ORGÁNICA

ORGANIC MANAGEMENT OF <i>Phthiactemera picta</i> (DRURY) (COREIDAE) AND <i>Murgantia histrionica</i> (HAHN) (PENTATOMIDAE)	2

Gabriela Esparza-Díaz y Raul T. Villanueva

SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN LA SUSTITUCIÓN DE GLIFOSATO EN LA PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA	11

Laura Gómez-Tovar y Manuel Ángel Gómez-Cruz

CRECIMIENTO DEL CILANTRO EN UN CUARTO OSCURO CON DIFERENTES LÁMPARAS LED Y DIFERENTES SISTEMAS HIDROPÓNICOS	20

Marco Antonio Bustamante-García, Michiko Takagaki, Lu Na y Alejandro José Bustamante-Dávila

CULTIVO HIDROPÓNICO DE LA ARÚGULA EN CUARTO OSCURO CON DIFERENTES LÁMPARAS LED	24

Marco Antonio Bustamante-García, Michiko Takagaki, Lu Na y Alejandro José Bustamante-Dávila

TRANSFERENCIA DE LA INNOVACIÓN DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA, CON BASES AGROECOLÓGICAS, A LOS CITRICULTORES DE VERACRUZ	29

Manuel Ángel Gómez-Cruz, Laura Gómez-Tovar y Brisa Guadalupe Gómez-Ochoa

CONTROL DE <i>Xylosandrus morigerus</i> Blanford DEL CAFETO CON EXTRACTOS VEGETALES	37

Mayra Martínez-Solís, Juan Manuel Garza-Hernández, Ernesto Toledo-Toledo, Francisco Javier Marroquín-Agreda, José Noé Lerma-Molina y Humberto Osorio-Espinoza

PLANTAS DE <i>Dahlia x hybrida</i> var. Fresco INOCULADAS CON UN HONGO MICORRIZICO ARBUSCULAR	42

Claudia García-Sánchez, Elda Araceli Gaytán-Acuña, David Jaén-Contreras, Alberto Enrique Becerril-Román y Fernando López-Morales

OBTENCIÓN DE UN SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA (<i>Vanilla planifolia</i>)	47

Delfino Reyes-López, Uriel Rechy-Rodríguez, Fermín Pascual-Ramírez, Luis Antonio-Domínguez, Fabiel Vásquez-Cruz, Carmela Hernández-Domínguez y Fernando López-Morales

LAS ORGANIZACIONES CAFETALERAS Y SU RELACIÓN CON LA APROPIACIÓN DE VALOR	55

Yuridia Medina-Hernández y Obeimar Balente Herrera-Hernández

RESPUESTA DEL JITOMATE A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO E HIDROPONIA	59

Luis Mario Tapia-Vargas, Anselmo Hernández-Pérez y Adelaida Stephany Hernández-Valencia

EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN LA NUTRICIÓN Y DESARROLLO DEL AGUACATE	66

Adelaida Stephany Hernández-Valencia, Luis Mario Tapia-Vargas, Anselmo Hernández-Pérez y Antonio Larios-Guzmán

Sección II: AGRICULTURA SOSTENIBLE Y COVID-19

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA INOCULACIÓN DE CONSORCIOS MICORRÍZICOS Y FERTILIZACIÓN CON Fe Y Zn	75

Martha B. G. Irizar-Garza, Lucila González-Molina y Margarita Díaz-Valasis



EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TOMATE-MAÍZ-ACOLCHADO, TOMATE-MALLA ANTIÁFIDA Y TOMATE-ACOLCHADO	79
Antonio Gutiérrez-Martínez, José Galdámez-Galdámez, Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez y Franklin B. Martínez-Aguilar	
EVALUACIÓN DE UN MÉTODO ALTERNATIVO DE APLICACIÓN DE HERBICIDAS PARA REDUCIR SU USO	84
Fernando de Jesús Del Ángel-Santiago, Emigdio De la Cruz-De la Cruz, Lorena Casanova-Pérez y Florencia García-Alonso	
GRADO DE CONOCIMIENTO DE TOXICIDAD AMBIENTAL DEL GLIFOSATO DE POBLADORES DEL PUERTO DE VERACRUZ	92
José Axel Solano-Aguileta, Karla Teresa González-Figueroa, Francisco Osorio-Acosta y Alejandra Ramírez-Martínez	
RENDIMIENTO DE MAÍZ AMARILLO DURO EN HIBRIDOS TRILINEALES, PERÚ	100
Fátima Magali Báez-Romas, Fernando López-Morales, Gregorio Hernández-Salinas, Delfino Reyes-López, Genaro Pérez-Jiménez, Claudia García-Sánchez, Araceli López-Martínez y Rosa Isela Castillo-Zamudio	
DISTANCIA ENTRE PLANTAS, BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) AZUL	106
José Alberto Salvador Escalante-Estrada, Yolanda Isabel Escalante-Estrada y Cid Aguilar-Carpio	
APLICACIÓN DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO EN VALLES CENTRALES DE OAXACA	111
Lina Pliego-Marín, Graciela Zárate-Altamirano, Gabriel Córdova-Gámez, Edilberto Aragón-Robles y Ana Luz Jiménez-Ramírez	
EFFECTO DE CALENDARIOS DE RIEGOS SOBRE LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE TRIGO	118
Lidia Alejandra Rodríguez-Zermeño, Ernesto Solís-Moya, Lourdes Ledesma-Ramírez, Cesar Leobardo Mancilla-Aguirre, Juan Gabriel Pimentel-Ramírez y Víctor Montero-Tavera	
MATERIA ORGÁNICA, pH, NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO COMO INDICADORES DEL MANEJO SUSTENTABLE EN PLANTACIONES AGAVERAS	124
Lusmila Herrera-Pérez, Mario Alberto Tornero-Campante, Fernando López-Morales y Genoveva Rosano-Ortega	

Sección III: AGROECOLOGÍA

TRATAMIENTO NATURAL DE <i>Sitophilus zeamais</i> MOTSCHULSKY EN MAÍCES NATIVOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO	133
Maria Alma Rangel-Fajardo, Jorge Ismael Tucuch-Haas, Johnny Abraham Burgos-Díaz, Yolanda Isabel Canto-Canto y Karina Yamily Gómez-Tec	
PERCEPCIÓN LOCAL DE LA DEGRADACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO	139
Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez, José Galdámez-Galdámez, Franklin B. Martínez-Aguilar, Héctor Vázquez-Solís, Jaime Llaven-Martínez e Isidro Zapata Hernández	
CALIDAD DEL FRUTO CON UN COMPLEJO HORMONAL Y MICRONUTRIENTES EN MANDARINA (<i>Citrus reticulata</i> Blanco)	147
Juan José Galván-Luna, José Alfredo Hernández-Maruri, Marco Antonio Bustamante-García y Mario Alberto Ovando-Montantes	
ABONOS SINTÉTICOS Y LOMBRICOMPOSTA EN HUERTA NUEVA DE LIMÓN PERSA <i>Citrus latifolia</i> Tan	153
Juan Valente Megchún-García, Armando Vasquez-Ramirez, Dulce María Orozco-Corona, Irma Rosa Vásquez-Robles, José María Báez-Espinoza y Ana Gabriel Milagro-Morales	



LA IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS PARA DISMINUIR LA ABSCISIÓN DE NARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) 161

Manuel Ángel Gómez-Cruz, Laura Gómez-Tovar, Luis Enrique Ortíz-Martínez, Alejandro Hernández-Carlos y Brisa Guadalupe Gómez Ochoa

MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS DE JITOMATE CON ÉNFASIS EN VECTORES DE ENFERMEDADES 167

Hipólito Cortez-Madrigal

RESPUESTA DE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE SALADETTE A LA ASOCIACIÓN DE ESPECIES AROMÁTICAS 175

Francisco Javier Marroquín-Agreda, Juan Manuel Villareal-Fuentes, José Noé Lerma-Molina, Mario Eliseo Gallegos-Castro, Juan Manuel Garza-Hernández y Humberto Osorio-Espinoza

COMPOSICIÓN DE HUERTOS FAMILIARES EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA DE CHICONTEPEC, VERACRUZ 180

Efraín Morales-Arenas, Silvia López-Ortiz y Lorena Casanova-Pérez

CALIDAD DE FRUTO DE MANZANO (*Malus domestica* Borkh) BAJO SISTEMA MIAF EN HUEJOTZINGO, PUEBLA, MÉXICO 185

Tabaré Tonalli Aquimín Duché-García, Ignacio Ocampo-Fletes, Javier Cruz-Hernández, Ernesto Hernández-Romero, J. Arahón Hernández-Guzmán, Antonio Macías-López y Daniel Jiménez-García

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y SUS APORTES AMBIENTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA, MÉXICO 193

Ana Karen Reyes-Reyes, Ignacio Ocampo-Fletes, Benito Ramírez-Valverde, Enrique Ortiz-Torres, Primo Sánchez-Morales y Miguel Acosta-Mireles

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA 202

Josué Aarón Morales-Cerón, Martha B. G. Irizar-Garza, Lucila González-Molina y Margarita Díaz-Valasis

USO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE ELOTE 205

Tania Romero-Figueiras, Pablo Andrés-Meza, Joaquín Murguía-González, Roberto Alvarado-Juárez, Alejandro Espinosa-Calderón, Julio Cesar González-Cárdenas, Ricardo Serna-Lagunes, Otto R. Leyva-Ovalle, Miguel Cebada-Merino, Mauro Sierra-Macías, Margarita Tadeo-Robledo, Oscar R. Pérez-Durán, Regulo C. Llaena-Hernández y José L. Del Rosario-Arellano

Sección IV: ECOTECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN

ANÁLISIS HIDRODINÁMICO DEL PROCESO DE BIOCONVERSIÓN DE RESIDUOS AGROCAÑEROS MEDIANTE CFD 213

Leonardo García-Mureño, Eduardo Hernández-Aguilar, Joaquín Estrada-García y Juan Manuel Méndez-Contreras

RELACIONES PRODUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE PATRONES DE CULTIVO DE MAÍZ, FRIJOL Y AYOCOTE 221

Ricardo Mendoza-Robles y Ernesto Hernández-Romero

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA EN PARCELAS DE UNA COMUNIDAD DE LA MICRORREGIÓN HUEJOTZINGO EN PUEBLA 229

Ricardo Mendoza-Robles



OPTIMIZACIÓN DE UN MEDIO DE CULTIVO PARA LA VITROPROPAGACIÓN DE <i>Vanilla planifolia</i>	237
Delfino Reyes-López, Mitzi Tiare Arenas-Santos, Carmela Hernández-Domínguez, Luis Antonio-Domínguez, Fabiel Vázquez-Cruz, Carlos R. Castillo-Martínez, Fermín Pascual-Ramírez y Fernando López-Morales	
ALTERNATIVAS PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ DE AGUA PARA LAS NECESIDADES DOMÉSTICAS Y EL HUERTO FAMILIAR	244
Aníbal Quispe-Limaylla	
EXPRESIÓN ACTIVACIÓN Y VIGORIZACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS NATIVOS	252
Zaida Crispin del Río, Jaime Treviño-Morales, Juan Antonio Puerta-Gallegos, Martín Antonio Higuera-Carrillo, Oscar Eduardo Salinas-López, Javier Carrillo-Campos y María Fernanda Mireles de la Cerda	
ACTIVIDAD REPELENTE DE FITOEXTRACTOS VEGETALES EN CONTRA DE <i>Sitophilus zeamais</i> PLAGA DEL MAÍZ ALMACENADO	259
Héctor Hernández-Maruri, Lucila Aldana-Llanos, Mariana Romero-Aguilar y María Guadalupe Valladares-Cisneros	
EFFECTO DE DOS TIPOS DE MIEL SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO	266
Pablo Santiago Sánchez-Azcorra, Felipe de Jesús González-Rodríguez, Esmeralda Cázares-Sánchez, Víctor Manuel Interián-Ku, Víctor Eduardo Casanova-Villarreal, Fernando Ernesto Olvera-Tec y Elio Antonio Ávila-Chable	
EFFECTO DEL BIOCARBÓN DE CÁSCARA DE NARANJA SOBRE LA FERTILIDAD DE TRES DIFERENTES SUELOS	274
Luis Alan Galindo-Segura, Arturo Pérez-Vázquez, Cesáreo Landeros-Sánchez, Alejandra Ramírez-Martínez y Fernando Carlos Gómez-Merino	
PRESERVACIÓN POSTCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA LIGADO A LA ASPERSIÓN FOLIAR DE MIEL DE ABEJA EN CAMPECHE	282
Felipe de Jesús González-Rodríguez, Mario Ben-Hur Chuc-Armendáriz, Juan Alberto Moo-Puc, Gonzalo Miguel Quetz-Aguirre y Víctor Manuel Interián-Ku	
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE CRUCETILLO (<i>Randia sp.</i>) Y DISEÑO DE LÍNEAS PRODUCTORAS DE EXTRACTO DE SEMILLAS	290
Meritzel Mosqueda-Lara, Galdy Hernández-Zárate y Rosa Isela Castillo-Zamudio	
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRIJOL COMÚN SOMETIDO A EFFECTO COMBINADO DE NITRÓGENO Y RHIZOBIUM	297
Osbaldo Martínez-Ríos, Rafael Delgado-Martínez, Laura Rosa Margarita Sánchez-Castillo, Efraín Neri-Ramírez y Ernesto Díaz-López	
PRODUCCIÓN DE LECHUGA Y FRIJOL EJOTERO CON LOMBRICOMPOSTA, FERTILIZANTE QUÍMICO Y COMBINADOS EN CAMAS BIOINTENSIVAS	305
Karen Quintana-Bautista, Ramón Díaz-Ruiz, Salomón Sastre-Tepoxtecatl y Luciano Aguirre-Álvarez	
GUISHE DE <i>Agave lechuguilla</i> Torrey EN LA PRODUCCIÓN SIN SUELO DE TULIPÁN HOLANDÉS (<i>Tulipa gesneriana</i> L.)	312
Fabiola Aureoles-Rodríguez, Pedro Rodríguez-Navarro, Armando Hernández-Pérez, Juan José Galván-Luna y Víctor Manuel Reyes-Salas	
OPERACIÓN DE UN BIODIGESTOR A ESCALA EXPERIMENTAL, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS	320
Mayuric Teresa Hernández-Botello, Rocío Estephania Flores-Hernández, Jorge Alberto Mendoza-Pérez y Fernando Heriberto Pastrana-Chávez	



Sección V: RECURSOS NATURALES E IMPACTO AMBIENTAL

APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DE TRIGO RESIDUAL PARA LA DECOLORACIÓN DE ROJO DE METILO	329

Maribel Cano-Hernández, Ana Lucia López-Hernández, Cecilia Hernández-Nava, J. Hugo Castorena-García y Víctor Santiago-Santiago

GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO NATURAL SUELO EN AGROECOSISTEMAS GANADEROS COSTEROS EN LA PROVINCIA HOLGUÍN, CUBA	337

Yamaris Swaby-Quao, Arturo Pérez-Vazquez y Sara Fernández-Cruz

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRANO DE CATORCE RAZAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA	345

Fernando López-Morales, María Gricelda Vázquez-Carrillo, Agustín Aragón-García, Betzabeth Cecilia Pérez-Torres, Fernando Utrera-Quintana, Noemí Pérez-Mendoza, Lusmila Herrera-Pérez y Delfino Reyes-López

DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE TECAMACHALCO, PUEBLA, 2020-2050	351

Luis Alberto Villarreal-Manzo

COLONIZACIÓN MICORRIZICA EN DOS ORQUÍDEAS EPÍFITAS ENDÉMICAS DE MÉXICO: <i>Prosthechea karwinskii</i> y <i>Rhynchostele aptera</i>	358

Claudia García-Sánchez, Jesús Pérez-Moreno, Sandra Cortes-Pérez, Juan José Almaraz-Suárez, Julián Delgadillo-Martínez, Víctor Manuel Cetina-Alcalá y Fernando López-Morales

INFILTRACIÓN DEL AGUA EN UN SUELO LUVISOL CON DIFERENTES AGROECOSISTEMAS DEL MUNICIPIO JUÁREZ CHIAPAS	364

Arquimedes Cruz-Coliaza, Maximiano Antonio Estrada-Botello, Salomé Gayosso-Rodríguez, Rufo Sánchez-Hernández y Juan de Dios Mendoza-Palacios

PRESENCIA DE GLIFOSATO E IMIDACLOPRID EN ABEJAS MELÍFERAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN	371

Ricardo Dzul-Caamal, Erick Misael Rodríguez-Cab, Jaime Rendón-vonOsten, Ileana Mercedes Canepa-Pérez y Carolina Flota-Bañuelos

CONTENIDO DE CARBONO EN SUELO Y RAÍCES DE PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS	379

José Noé Lerma-Molina, Francisco Javier Marroquín-Agreda, Ernesto Toledo-Toledo, Juan Manuel Garza-Hernández y Mayra Martínez-Solís

FENOLOGÍA DEL RAMÓN (<i>Brosimum alicastrum</i> Swarts) EN TEZONAPA, VERACRUZ, MÉXICO	387

Fátima Magali Báez-Román, Beatriz Hernández-Avendaño, Gregorio Hernández-Salinas, Rubén Purroy-Vasquez, Fernando López-Morales, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera, Claudia García-Sánchez y Claudia Lorena Fernández-López

DIVERSIDAD FENOTÍPICA EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ PROVENIENTES DE LA REGIÓN CENTRO-SUR DE TAMAULIPAS	392

Emilio Moreno-Ortega, Rafael Delgado-Martínez y Mario Rocandio-Rodríguez



Sección VI: SOCIOECONOMÍA Y CULTURA AMBIENTAL

RENTABILIDAD Y PRODUCCIÓN DE HUEVO ALTERNATIVO: JAULA ENRIQUECIDA Y SISTEMA CAMPERO EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO 401

Ciro Sánchez-Hernández y Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza

USO DE MICORRIZAS EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) Y SU RENTABILIDAD EN “EL BAJIO”, MEXICO 409

Aquilino Ramírez-Ramírez, Ernesto Solís-Moya, Luis A. Mariscal-Amaro, Lourdes Ledesma-Ramírez, Sarahyt S. González-Figueroa y Manuel Jerónimo-Arriaga

PROPUESTA TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA LA TIPIFICACIÓN DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS 413

Lisette Bustillo-García, Francisco Osorio-Acosta, Simón Hoyo-Araujo y Maritzabel Materán-Jaimes

COMERCIALIZACIÓN DEL LIMÓN (*Citrus limon* L.) EN LA ZONA SUR DEL ESTADO DE VERACRUZ 421

Juan Valente Megchún-García, Armando Vásquez-Ramírez, Dulce María Orozco-Corona, Ana Gabriel Milagro-Morales, Irma Rosa Vásquez-Robles y José María Báez-Espinoza

FACTORES DETERMINANTES PARA EL CONTROL DE *Conotrachelus crataegi* WALSH EN HUERTOS DE TEJOCOTE: SIERRA NEVADA DE PUEBLA 429

Juan Morales-Jiménez, Arturo Huerta-De La Peña, Martha Lilia Rosas-Alfaro y Andrés Pérez-Magaña

RUBROS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS DE CONEJOS ALIMENTADOS CON GERMINADO DE MAÍZ CRIOLLO (X'NUUK NA'AL) 437

Martha Alicia Cázares-Morán, Jaime Durango Sosa-Madariaga, Esmeralda Cázares-Sánchez, Víctor Manuel Interián-Ku

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO EN POLLITAS RHODE ISLAND ALIMENTADAS CON GERMINADO DE MAÍZ CRIOLLO TUXPEÑO (X'NUUK NA'AL) 442

Jaime Durango Sosa-Madariaga, Martha Alicia Cázares-Morán, Esmeralda Cázares-Sánchez, Víctor Manuel Interián-Ku y Fernando Ernesto Olvera-Tec

RENTABILIDAD ECONÓMICA DE SIETE PRACTICAS DE MONOCULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE SECANO EN SERDÁN, PUEBLA 447

Juan Contreras-Ramos y Ramón Díaz-Ruiz

RENTABILIDAD ECONÓMICA DE DIFERENTES SUCESIONES DE CULTIVO CON BASE EN LA TECNOLOGÍA LOCAL DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN SERDÁN, PUEBLA 454

Juan Contreras-Ramos y Ramón Díaz-Ruiz

TIANGUIS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS EN ZONA METROPOLITANA DE LA REGIÓN ECONÓMICA ANGELÓPOLIS, PUEBLA 462

Martha Azucena Díaz-Rivas, Agustín Aragón-García, Primo Sánchez-Morales, Jesús Francisco López-Olgún y Arturo Huerta-De la Peña

PLÁTICA DOCTORAL

DETERMINACIÓN DE LOS PATÓGENOS ASOCIADOS A LA CORCHOSIS DE LA RAÍZ DEL CAFETO EN VERACRUZ 470

Daniel López Lima



Sección I:

AGRICULTURA ORGÁNICA



ORGANIC MANAGEMENT OF *Phthiacnemia picta* (DRURY) (COREIDAE) AND *Murgantia histrionica* (HAHN) (PENTATOMIDAE)

Gabriela Esparza-Díaz¹
Raul T. Villanueva²

¹ Texas A&M AgriLife Research and Extension Service, TX, USA

² University of Kentucky, Princeton, KY, USA
gesparza@amerstem.com

ABSTRACT

The economic impact of true bugs as *Phthiacnemia picta* and harlequin bug (*Murgantia histrionica*) has been reduced after the '60s. Currently, these bugs might become a problem in agroecosystems with organic agriculture due to the scarce information on organic insecticides. The mortalities of *P. picta* and *M. histrionica* were studied in field and laboratory assays in response to organic insecticides. *Phthiacnemia picta* was evaluated on tomato plants in field trails and tomato fruits in the laboratory; while the harlequin bug was tested on kale in field conditions, and on cabbage leaves in the laboratory. Mortalities for both pests were determined every 12 h for 72 h in laboratory experiments, whereas in field observations were recorded up to 120 h and 168 h for *P. picta* and *M. histrionica*, respectively. Azadirachtin, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, spinosad, and pyrethrin were the insecticides tested. Data were analyzed with an ANOVA, and significant differences were separated with LSD ($p < 0.05$). Laboratory results for *P. picta* showed that azadirachtin (4 g a.i./L) produced mean mortality of 100% at 24 h, and 12 h. at a higher dose (6 g a.i./L). Similarly, mortalities of 100% were obtained with spinosad at 6 g a.i./L. In the field studies, spinosad (6 g a.i./L) caused a significant highest mortality on *P. picta* (60%) after 48 h, and azadirachtin (4 g a.i./L) reached only 10% mortality. In a laboratory test, *M. histrionica* higher mortalities reached 100% at 24 h with 6 g a.i./L of Spinosad, and 5 g a.i./L of pyrethrin. In the field, spinosad and azadirachtin had the lowest population increases of *M. histrionica* compared with pyrethrin and the untreated control. *M. histrionica* nymph showed susceptibility in laboratory conditions to spinosad and pyrethrin, and perhaps the infestation could be controlled in an early infestation when of the first nymphal generation.

Key Words: *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, spinosad, and pyrethrin

RESUMEN

El impacto económico de infestaciones de plagas como la chinche del tomate *Phthiacnemia picta* (Drury) y arlequín de la col *Murgantia histrionica* (Hahn) y se ha reducido desde los años 60's. Actualmente, en los agroecosistemas de cultivos orgánicos estas especies pueden alcanzar niveles de poblaciones con daño apreciables; pues aún se estudia la efectividad de insecticidas orgánicos. En este estudio se reportan las alternativas orgánicas para el manejo de ambas especies como respuesta a azadiractina, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, spinosad, y piretrinas. *Phthiacnemia picta* fue evaluada en frutos de tomate en condiciones de campo y de laboratorio; mientras que mortalidades de *M. histrionica* se determinaron en un campo de col rizada y en hojas de col en condiciones de laboratorio. Las mortalidades de ambas especies se registraron cada 12 horas por un periodo de 72 h en los ensayos de laboratorio y para ensayos de campo por un periodo de 120 h para *P. picta* y 168 h para *M. histrionica*. Los datos fueron analizados con ANOVA y las diferencias significativas entre las medias fueron separadas a través del procedimiento LSD ($p < 0.05$). Los resultados para *P. picta* mostraron que la azadiractina produjo una mortalidad media de 100% ± 0 con 4 y 6 g a.i./L, a las 24 h y 12 h, respectivamente. Similares mortalidades del 100% se obtuvieron con spinosad a 6 g a.i./L. Los

resultados en campo mostraron que spinosad (6 g a.i./L) causó una significativa mortalidad de *P. picta* (60%) después de 48 h y mientras que azadiractina (4 g a.i./L) solo produjo una mortalidad promedio del 10%. Para *M. histrionica* en condiciones de laboratorio las mortalidades alcanzaron una media de 100% a las 24 h con 6 g a.i./L de spinosad y con 5 g a.i./L de piretrina. En condiciones de campo, spinosad y azadiractina no produjeron disminución de la población de *M. histrionica* pero si poco incremento, cuando fueron comparados con los resultados de piretrina y el control no tratado. El estado ninfal de *M. histrionica* mostró susceptibilidad a spinosad y piretrina en condiciones de laboratorio, indicando que se podría controlar la infestación en el periodo temprano en primera generación de ninfas.

Palabras clave: *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, spinosad, y piretrina

INTRODUCTION

Phthia picta (Drury) (Hemiptera: Coreidae) or “chinche del tomate” name has been changed to *Dallacoris picta* (Schaefer and Panizzi, 2000) and lately to *Phthiacnemis picta* (Brailovsky, 2009). *Phthiacnemis picta* has been observed in solanaceous crops as potato but tomato the preferred host where the agroecosystem has multiple crops. This coreid is noticed from May to November in south Texas. In 2015, a study on pest risk associated with the import of tomato fruit listed *P. picta* as a worldwide tomato’s pest, and posteriorly a Panel on Phytosanitary Measures selected *P. picta* for further consideration (Grousset *et al.*, 2015). Also, *P. picta* was reported as a species of economic importance because its feeding causes fruit deformation and discoloration and subsequent yield loss of 62.9 kg per hectare in Viçosa County, State of Minas Gerais, Brazil (Picanço *et al.*, 2007). In addition to direct feeding damage, the punctures in the tomato fruit permit the entry of diseases. Also, *P. picta* can vector a trypanosomatid parasite (Jankevicius *et al.*, 1989), promastigotes (Brazil *et al.*, 1990), and trypanosome pathogen (dos Santos *et al.*, 2002). Trypanosome pathogen can cause diseases in some plant families with a wide geographic distribution, which can result in significant economic losses. *P. picta* was once controlled, with the now prohibited insecticide DDT (Miskimen, 1960). Few alternatives to DDT have been developed in the last 30 years for conventional insecticides, and organic alternatives. Among them, a bacterial insecticide, *Bacillus thuringiensis*, was reported as useful (Jones, 1985).

Harlequin bug, *Murgantia histrionica* (Hahn) (Hemiptera: Pentatomidae) is an important pest of brassica crops because it sucks sap from leaves causing plants to wilt, turn brown and finally decrease their yield. This species can occur in large numbers and will lower the marketability of the crop. *Murgantia histrionica* also infests sweet potato, turnip, mustard, potato, bean, corn, and eggplant. Several broad-spectrum insecticides are effective to control *M. histrionica* such as organophosphate (Rogers and Howell, 1973), carbamate (Wang, 1978; Wallingford *et al.*, 2012), oxadiazine, pyrethroid, and insect growth regulator (Walgenbach and Schoof, 2005), but those insecticides cannot be used in organic systems. Spinosad is an organic pesticide reported as toxic to the fourth instar of *M. histrionica*, followed by pyrethrum in laboratory environments. In the field, spinosad, pyrethrum, and azadirachtin only reduced the nymph population, but none of them provided control on adult population in field conditions (Overall, 2008). This study evaluated organic insecticides with OMRI certificated (Organic Materials Review Institute) to control *P. picta* and *M. histrionica* in laboratory and field conditions in South Texas.

MATERIALS AND METHODS

Insect Colonies

All insect colonies utilized for laboratory tests were initiated with insects collected from organic crops grown in Weslaco, TX. *Phthiactnemias picta* adults were collected from tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Crimson Springer) and reared on immature organic tomato fruits. *Murgantia histrionica* adults were collected from kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) and reared on organic cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) head (6-8" in diameter). Tomato fruits and cabbage heads were placed on a wet foam (150x12.05 mm) set in a bottom sterile petri dish (polystyrene 150X25 mm). Both colonies were kept under controlled conditions in Percival® incubators with 16:8 h (L: D), 56% RH, and 470 lux of light intensity. Recently molted adults and 5th-instar nymphs were chosen for laboratory assays.

The organic insecticides evaluated in this study were: azadirachtin-Molt X, spinosad, *Beauveria bassiana*- BotaniGard® ES, and *Bacillus thuringiensis*-Agree® WG. Water was applied as a control treatment. The doses are indicated in table 1. Azadirachtin was initially tested at doses 1, 2, 4, or 6g (a. i.)/ L to determine the appropriate treatment.

Laboratory Study

Phthiactnemias picta. Insecticides were applied by submerging immature tomato fruit (2-2.5 cm diam) in an insecticide solution for 5 sec. After the fruit was air-dried, four 5th-instar nymphs of *P. picta* were placed on a tomato fruit that was laid in a petri dish with wet cotton.

Murgantia histrionica. It was conducted using a cabbage leaf disk (9 cm diam.) that was treated with insecticide by immersion in the solution for 5 sec and then aired dried in the laboratory. After that, four 5th-instar nymphs were placed on a cabbage leaf disk that was set on wet cotton placed in a petri dish. All treatments of laboratory tests have five replications. Mortalities of both species were recorded every 12 h for a period of 72 h. The proportion of mortality was the dependent variable.

Field Tests

Phthiactnemias picta. A field test for *P. picta* was conducted at the Texas A&M AgriLife Research and Extension Center located in Weslaco, Texas, USA. *Solanum lycopersicum* cv Crimson Springer fruits were sprayed with azadirachtin, spinosad, or *B. thuringiensis* at rates indicated in Table 1. Ultimate Sprayer® (Delta Industries Spray Master) was used to apply 3 ml (a stroke) of insecticide solution. A fruit (3-4 cm diam) attached to the tomato plant was chosen and placed into an 8-oz foam cup that had four holes (2 cm diam.); three of them were equally distant on the periphery and one on the bottom. Immediately after an adult, *P. picta* was placed on fruit, and the cage was covered with nylon mesh. Each treatment was repeated ten times. Mortality of *P. picta* was recorded every 24 h for a period of 120 h.

Murgantia histrionica. Harlequin bug study was conducted in a commercial and organic field located in Weslaco, Texas, USA. Insecticides were sprayed to Sabellica kale plants at flowering initiation at rates indicated in Table 1. A plot of twenty kale plants was chosen for each treatment per replication. The insecticide application was completed using a Portable CO₂ Spray System, at 20 psi and three nozzle booms. Each treatment was replicated four times. This study was evaluated daily for seven days after insecticide application. Initial populations of nymphs per plant were standardized to zero, and the rate of population increase was estimated daily.

Table 1. Type and doses of organic insecticides applied to control *Phthiacnemias picta* and *Murgantia histrionica* in laboratory and field tests.

Insecticide (Brand)	<i>Phthiacnemias picta</i>		<i>Murgantia histrionica</i>	
	Laboratory	Field	Laboratory	Field
	g (a. i.)/ L			
Azadirachtin (Molt-X®)	1			3
	2			
	4	4		
	6		6	
Spinosad (Entrust® SC)	6	6	6	18
<i>B. Bassiana</i> (BotaniGard® ES)	6		6	
<i>B. Thuringiensis</i> (Agree® WG)		1.6	6	3
Pyrethrin (PyGanic®)			6	5

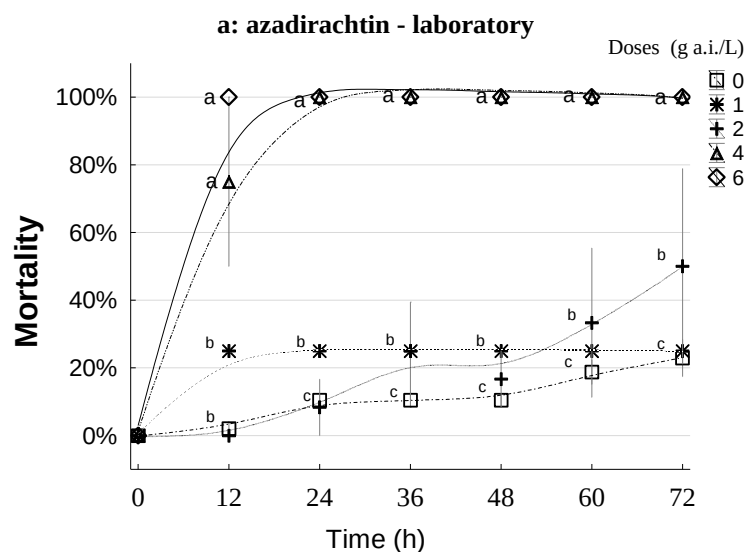
Statistical Analysis

Data from laboratory and field tests were analyzed with ANOVA and means were separated with LSD ($p < 0.05$). Statistica 12 (StatSoft inc., Tulsa, USA) software was used for the statistical analysis.

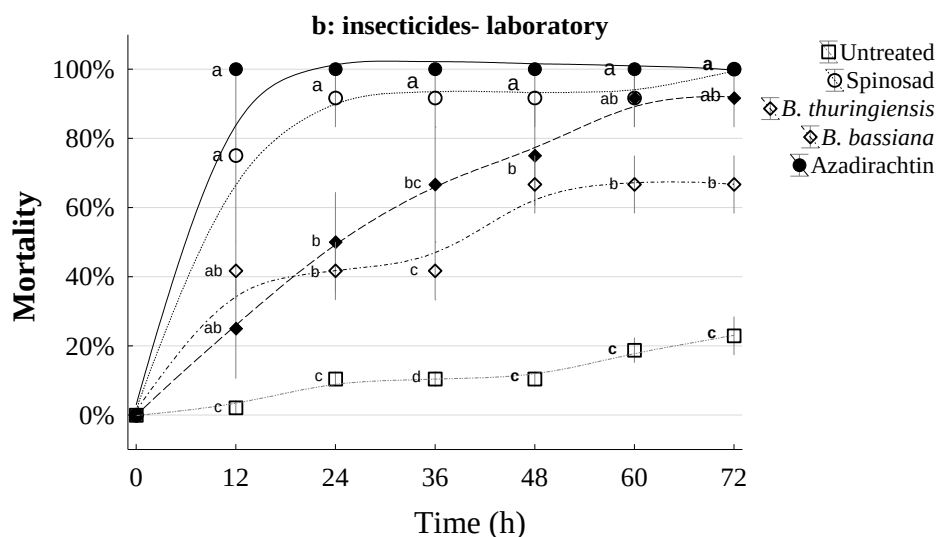
RESULTS

Laboratory Study

Phthiacnemias picta. In the laboratory, there was a significant effect of azadirachtin dose on mortality of *P. picta* ($F(4, 100) = 38.58$; $p \leq 0.001$). Post hoc analyses using Fisher LSD criterion for significance indicated that azadirachtin doses (4 g a.i./L at 24 h and 6 g a.i./L at 12h) caused the highest mortalities (100%) than 1 or 2 g a.i./L and the control. For azadirachtin (4 g a.i./L), spinosad, *Beauveria bassiana*, and *Bacillus thuringiensis* test analysis of variance showed that the insecticide had a significant effect on the mortality of *P. picta* ($F(4, 100) = 19.2$; $p \leq 0.001$). Post hoc analyses using Fisher LSD criterion for significance indicated that spinosad and *B. bassiana* caused higher mortality in both times 60 and 72 h with a mortality of $91.6\% \pm 8.3$ (Fig. 1b). *Bacillus thuringiensis* showed lower efficacy reaching maximum mortality of $66.6\% \pm 8.3$ at 72 h.



	12	24	36	48	60	72
$F_{(4,10)}$	16.06	151.12	45.82	140.65	16.86	8.54
p -value	0.00024	0.00000	0.00000	0.00000	0.00019	0.00290



	12	24	36	48	60	72
$F_{(4,10)}$	8.42	19.52	16.09	17.59	24.88	31.77
p -value	0.003059	0.000103	0.000234	0.00016	0.000035	0.000012

Figure 1. Mean percentage ($\pm$ SEM) mortality of 5th-instar *Phthiactnemia picta* nymphs (a) in laboratory tests using four azadirachtin doses, and (b) comparing four organic insecticides plus a control untreated. Fit curves were estimated with Distance Weighted Least Squares. Means in time followed by different lowercase letters are significantly different ($P \leq 0.05$; ANOVA and LSD test). For each time are described F and p values.

Field Tests

Phthiacnemia picta. In field tests, the insecticide effect on *P. picta* mortality was significant ($F = 14.1$; $df = 3, 236$; $p \leq 0.001$). Spinosad resulted in the highest *P. picta* mortality (60%) when it was applied at 6 g a.i./L in comparison with *B. thuringiensis*, azadirachtin, and untreated control (Fig. 2).

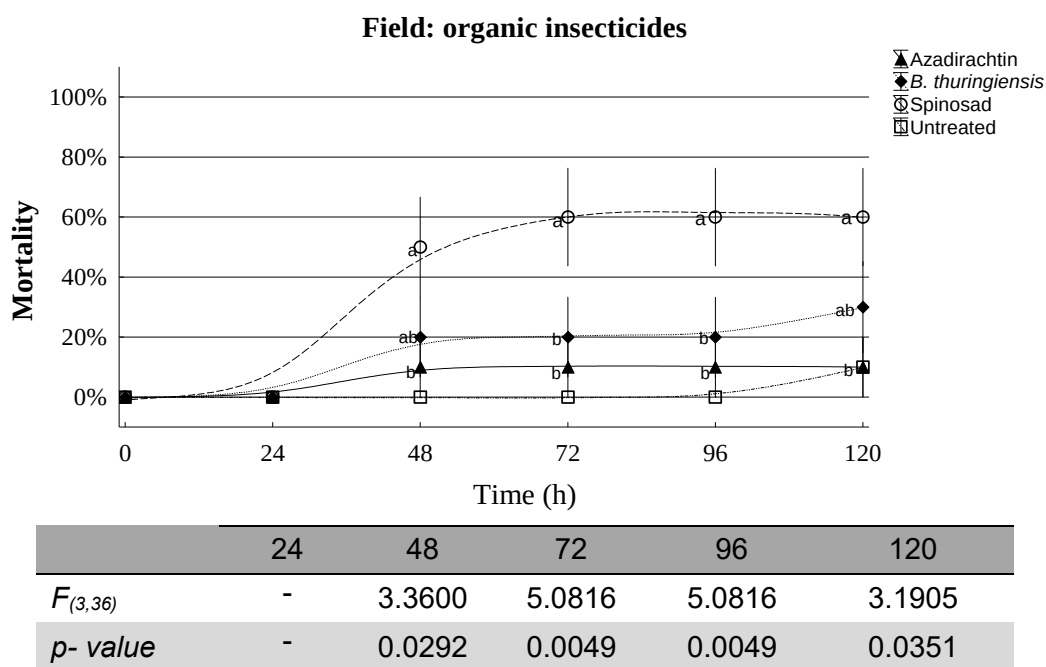
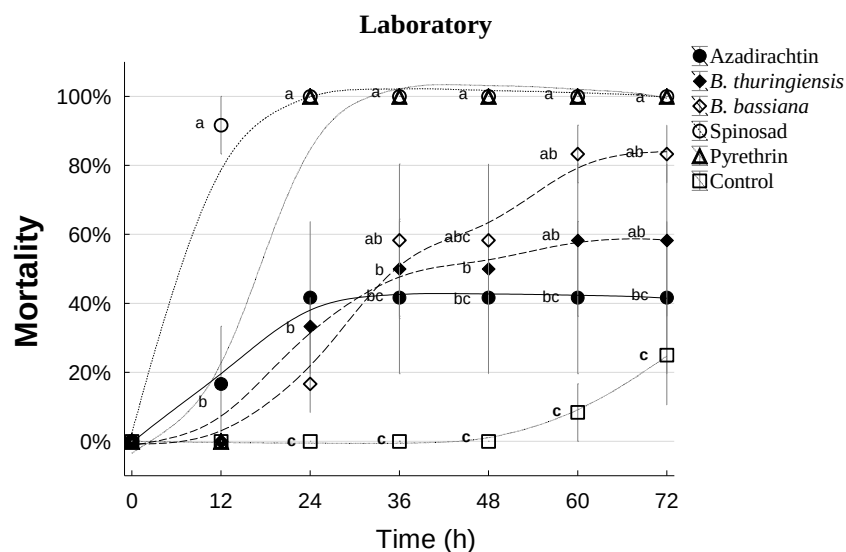


Figure 2. Mean percentage ($\pm$ SEM) mortality of *Phthiacnemia picta* adults in field conditions using net cages. Fit curves were estimated with Distance Weighted Least Squares. Means in time followed by different lowercase letters are significantly different ($P \leq 0.05$; ANOVA and LSD test). For each time are described F and p values.

Murgantia histrionica. In the laboratory test, the analysis of variance showed that the insecticide was a significant effect on the mortality of *M. histrionica* ($F(5, 84) = 42.7$; $p \leq 0.001$). Post hoc analyses using Fisher LSD criterion for significance indicated that spinosad and pyrethrin caused the highest mortalities after 12 h compared with azadirachtin, *B. bassiana*, *B. thuringiensis*, and untreated control (Fig. 3).

Murgantia histrionica. In the field, there was an insignificant effect of insecticides on *M. histrionica* in the rate of increased population ($F(3, 144) = 1.9$; $p = 0.355$; Fig. 4).



	12	24	36	48	60	72
$F_{(5,12)}$	23.24	17.1778	7.3412	7.3412	7.1125	4.7222
p -value	0.000009	0.00004	0.0022	0.0022	0.0026	0.00001

Figure 3. Mean ($\pm$ SEM) mortality of 5th instar *Murgantia histrionica* in a laboratory test. Fit curves were estimated with Distance Weighted Least Squares. Means in time followed by different lowercase letters are significantly different ($P \leq 0.05$; ANOVA and LSD test). For each time are described F and p values.

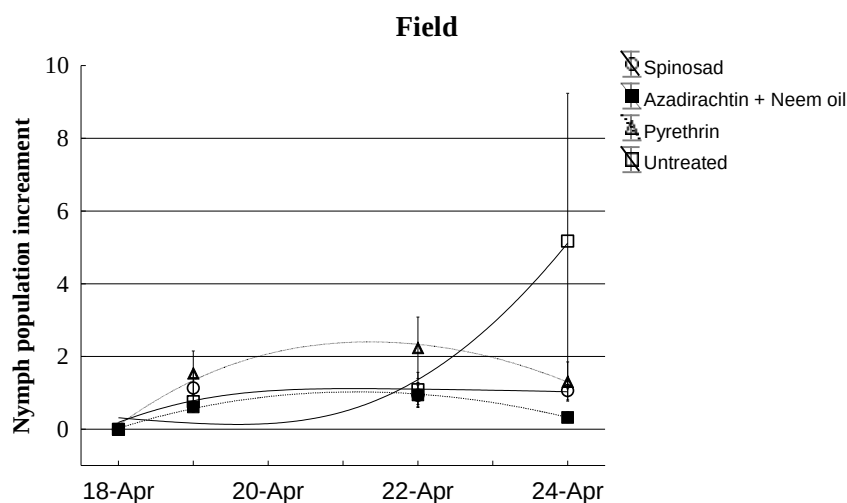


Figure 4. Mean of rate population increment ($\pm$ SEM) of *Murgantia histrionica* in kale plants treated with organic insecticides in field tests (all ratios were compared with the first tally and before the spray). Fit curves were estimated with Distance Weighted Least Squares. The black arrow indicates the application date of insecticides (shown by different markers).

DISCUSSION

Phthiacnemia picta infests tomato plants damaging fruits. *Phthiacnemia picta* feeding on fruits results produces misshapen and discolored tomato fruit; the infestation could produce a yield loss of 62.90 kg/ha (Picanço *et al.* 2007). Additionally, *P. picta* is a vector of *Phytomonas serpens* (Jankevicius *et al.*, 1989) and tomato infected by *P. serpens* has yellow spots and less quality. Insecticide effect on *Phthiacnemia picta* is unknown but integrated pest management with dichlorodiphenyl trichloroethane (DDT) where *P. picta* was present improved the yield through the *P. picta* control was unreported (Miskimen, 1960). Today DDT is an insecticide prohibited (Miskimen, 1960) and a new alternative for tomato crop is the bacterial insecticide *B. thuringiensis* when *P. picta* was present (Jones, 1985). However, information about the efficiency of chemical control of *P. picta* was not described. *Phthiacnemia picta* was affected by azadirachtin, and spinosad in a laboratory test, but only spinosad was effectively controlling this pest in field tests. Our laboratory and field tests determined that *B. thuringiensis* was less effective than spinosad. Our results showed that high doses are necessary to control this coreid, and the efficacy of the azadirachtin, *B. thuringiensis*, and spinosad was lower on *P. picta* adults in field conditions. However, laboratory results indicate *P. picta* nymph was susceptible and could be controlled in the first nymphal generation with high doses of spinosad. This study contributes with information to suppress *P. picta* on integrated management of organic tomato to control pre-harvest pests.

Murgantia histrionica control is viable using neonicotinoid insecticides such as imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran, and clothianidin, and the efficacy was consistent in laboratory and field test (Wallingford *et al.*, 2012). However, a botanical insecticide study reported Pyganic 1.4 EC (pyrethrin) and Azahar 1.2 EC (azadirachtin) as ineffective when applied at 11.73 and 9.8 ml per liter, respectively (Grasswitz, 2014). In this study, nymph, *Murgantia histrionica* was affected by spinosad and pyrethrin in laboratory conditions, but any of them could not produce effective control in field conditions. Evidence indicated that *M. histrionica* control could require a higher dose of spinosad and pyrethrin in field conditions. Our field assays were affected by an initial non-uniform population for each treatment and were inconsistent with the laboratory test for the nymphal population. However, *M. histrionica* showed nymphal susceptibility in laboratory conditions to spinosad and pyrethrin, and perhaps the infestation could be controlled in an early period now of the first generation nymphal.

REFERENCES CITED

- Brailovsky, H., 2009. Revision of the Phthia generic complex with a description of four new genera (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae: Coreinae: Leptoscelini). Acta Entomol. Musei Natl. Pragae 49, 59–74.
- Brazil, R.P., Fiorini, J.E., de Faria e Silva, P.M., 1990. *Phytomonas* sp. a trypanosomatid parasite of tomato, isolated from salivary glands of *Phthia picta* (Hemiptera: Coreidae) in Southeast Brazil. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 85, 239–240.
- dos Santos, A.L.S., Alviano, C.S., de Araújo Soares, R.M., 2002. Detection of sialoglycomolecules in five plant trypanosomatids and in an insect phytophagous isolate. FEMS Microbiol. Lett. 214, 19–23.
- Grasswitz, T.R., 2014. Greenhouse evaluation of two botanical insecticides for control of brassica feeding stink bugs, 2012. Arthropod Manag. Tests 38, 1–2. doi:10.4182/amt.2013.E23
- Grousset, F., Suffert, M., Petter, F., 2015. EPPO Study on pest risks associated with the import of tomato fruit. EPPO Bull. 45, 153–156. doi:10.1111/epp.12180

- Jankevicius, J.V., Jankevicius, S.I., Campaner, M., Conchon, I., Maeda, L.A., Telxeira, M.M.G., Freymuller, E., Camargo, E.P., 1989. Life Cycle and Culturing of *Phytomonas serpens* (Gibbs), a Trypanosomatid Parasite of Tomatoes. J. Eukaryot. Microbiol. 36, 265–271. doi:10.1111/j.1550-7408.1989.tb05361.x
- Jones, M.T., 1985. Use of *Bacillus thuringiensis* management of the tomato ecosystem in Trinidad, in: Weebb, R., Knausenberger, W., Yntema, L. (Eds.), Proceedings-Caribbean Food Crops Society (CAGRIS). St Croix, US Virgin Islands, pp. 176–179.
- Miskimen, G.W., 1960. Comparison of Sevin with DDT and rotenone on tomatoes under tropical conditions. J. Econ. Entomol. 53, 1128–1129.
- Overall, L.M., 2008. Evaluation of organic insecticides to control harlequin bug, *Murgantia histrionica* (Hahn), and yellowmargined leaf beetle, *Microtheca ochrolomata* Stål, on leafy greens. Oklahoma State University.
- Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Miranda, M.M.M., Martins, J.C., 2007. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. Agric. For. Entomol. 9, 327–335. doi:10.1111/j.1461-9563.2007.00346.x
- Rogers, C.E., Howell, G.R., 1973. Toxicity of acephate and diazinon to harlequin bugs on cabbage. J. Econ. Entomol.
- Schaefer, C.W., Panizzi, A.R., 2000. Heteroptera of economic importance. CRC press.
- Walgenbach, J.F., Schoof, S.C., 2005. Insect Control on Cabbage, 2004. Arthropod Manag. Tests 30. doi:10.4182/amt.2009.e17
- Wallingford, A.K., Kuhar, T.P., Schultz, P.B., 2012. Toxicity and field efficacy of four neonicotinoids on harlequin Bug (Hemiptera: Pentatomidae). Florida Entomol. 95, 1123–1126. doi:10.1653/024.095.0442
- Wang, E., 1978. Harlequin bug on cauliflower. Mon. Bull. Bermuda Dep. Agric. Fish. 48, 10–11.

SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EN LA SUSTITUCIÓN DE GLIFOSATO EN LA PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA

Laura Gómez-Tovar¹
Manuel Ángel Gómez-Cruz²

¹Depto. De Agroecología-CIIDRI. Universidad Autónoma Chapingo

²CIIDRI-Universidad Autónoma Chapingo
Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México
gomezlaura@yahoo.com

RESUMEN

En México el herbicida glifosato se usa ampliamente en el sector agrícola, principalmente en maíz con 35%, seguido por los cítricos con 14% (CONACYT, 2020). El 31 de diciembre de 2020, se expidió el decreto presidencial para substituir el uso del glifosato con un periodo de transición a enero, 2024. La producción orgánica prescinde de plaguicidas, como el glifosato. En el Norte de Veracruz hay 8 organizaciones sociales independientes que han transitado a la citricultura orgánica que suman 310 productores, 1,340ha, y un rendimiento promedio de 9.5t. En la investigación se sistematizan los métodos que han usado las 8 organizaciones certificadas para el manejo de arvenses, incluyendo el uso de instrumentos tradicionales, maquinaria y prácticas de cultivo. Los métodos más usados son machete, desbrozadora, tractor con rastra, tractor con chapeadora, siembra de leguminosas y manejo agroecológico con combinación de los métodos (p.e. corte alternado de hileras con tractor, asemillado de arvenses de hoja ancha, reservorios de arvenses para control biológico de plagas, etc). Se contabilizaron los costos por hectárea para cada método de control de arvenses. El uso de glifosato representa un menor costo, lo que explica el gran arraigo de esta práctica en las huertas convencionales; desafortunadamente se ha valorado incorrectamente este ahorro económico, pues no se contabilizan los efectos a la salud humana y la naturaleza.

Palabras clave: Agroecología, agricultura orgánica, manejo agroecológico de arvenses.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Agencia Internacional de Investigación del cáncer (IARC por sus siglas en inglés) reclasificó en marzo 2015 al glifosato en el grupo 2A “probable cancerígeno en humanos”. En el proceso de reclasificación, participaron 17 expertos de 11 países y cuya conclusión fue que existe la evidencia suficiente sobre los efectos carcinógenos en animales de laboratorio, cuyos mecanismos de acción operan de manera similar en los humanos (Guyton *et al.*, 2015, citado por Bejarano, 2017).

El glifosato, es el nombre del ingrediente activo de un herbicida de acción total o no selectivo, lo que significa que tiene la capacidad de matar todo tipo de plantas; es de acción foliar, o sea que no se absorbe por las raíces, por lo que su aplicación es de tipo postemergente (Ramírez, 2021).

El glifosato es el herbicida de mayor uso en el mundo, en más de 150 cultivos, se aplica en 192 millones de hectáreas, que significa 30.5 veces la superficie dedicada al cultivo de maíz que se siembra en nuestro país (SIAP, 2021).

En el caso de México, se ha identificado que el glifosato se usa en el cultivo de distintas especies en el sector agrícola, entre las que destaca su aplicación en el maíz con un 35% del uso total nacional,

seguido de la producción citrícola con 14%, pastos 11% y sorgo 10%. Otros cultivos donde se aplica son sorgo, algodón, caña, aguacate, nopal, agave, árboles forestales, palma, mango y plátano (CONACYT, 2020).

Rossi, 2020 argumenta que el glifosato sí es una sustancia peligrosa para la salud siendo comprobado ya en 1,108 artículos científicos (informe en <http://www.naturalezadederechos.org/antologia5.pdf>). Entre los daños, en humanos se reportan; malformaciones congénitas, alteraciones en el sistema nervioso, hormonal y gastrointestinal, infertilidad, diversos tipos de cáncer (linfoma No Hodgkin), encefalopatía, mutagénesis, autismo, parkinson, trastornos al sistema nervioso, sistema endócrino y renal, intolerancia al gluten, daños al hígado, a las bacterias intestinales y al sistema inmune - particularmente peligroso ante la pandemia del covid-19-. Entre los daños a la biodiversidad están afectaciones a anfibios, peces, aves, reptiles, moluscos, tortugas, abejas y otros polinizadores. También hay afectaciones al agua y al suelo (Watts *et al*, 2016 citado por Bejarano, 2017; Toledo, 2020; CIBIOGEM, 2019). El 24 de junio de 2020 Bayer, propietario de Monsanto y del glifosato aceptó pagar 10,900 millones de dólares por terminar con 125 mil demandas que le acechaban en Estados Unidos por casos de cáncer provocados por el herbicida (Forbes, 2020).

El 31 de diciembre de 2020, se expide un decreto presidencial, para sustituir el uso de glifosato en México, que entre otras cuestiones esencialmente plantea: "...establecer las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. En ese sentido, a partir de la entrada en vigor del presente Decreto y hasta el 31 de enero de 2024, se establece un periodo de transición para lograr la sustitución total del glifosato..." (Diario Oficial de la Federación, 2020).

La producción orgánica prescinde de glifosato y de otras sustancias agrotóxicas. Se trata de un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. Este tipo de agricultura prohíbe el uso de plaguicidas y fertilizantes de síntesis química, organismos modificados genéticamente, aguas negras, radiación y aditivos peligrosos en los alimentos (IFOAM, 2018). Desde 2004, en el Norte de Veracruz se inician experiencias importantes en la producción de naranja orgánica, tanto por el interés de los citricultores por vender a mejores precios y por el grado de concientización ecológica.

El objetivo de esta investigación fue sistematizar la experiencia en el manejo de arvenses utilizadas en las huertas orgánicas y agroecológicas de citricultores del Norte de Veracruz en las cuales se ha sustituido el uso de herbicidas en los últimos 3 años. Se entrevistaron productores de 8 organizaciones que han incursionado a la producción orgánica de naranja, e informantes clave de la Región Norte de Veracruz, la más importante en la producción de naranja a nivel nacional (SIAP, 2021). Se detectaron los métodos que usan para el manejo de arvenses, incluyendo el uso de instrumentos tradicionales, maquinaria y prácticas de cultivo. También se analizó el uso de mano de obra y costos de producción para el manejo de arvenses para cada práctica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la metodología de sistematización de experiencias propuesta por Jara (2017). La metodología permite organizar la información de una o varias experiencias de forma ágil, puede considerar aspectos

técnicos, de desarrollo organizativo, costos de producción, etc. La metodología permite indagar sobre las causas de lo encontrado, identificando las contradicciones centrales, además se busca comprender las interrelaciones e interdependencias entre los distintos elementos analizados. La metodología se empleó para organizar, analizar y sistematizar las experiencias de manejo de arvenses en el Norte de Veracruz en el cultivo orgánico y agroecológico de naranja.

Jara (2017) identifica a la sistematización de experiencias como un proceso de reflexión individual y colectivo; en torno a una práctica realizada o vivida, que realiza una reconstrucción ordenada de lo ocurrido de ella; que provoca una mirada crítica sobre la experiencia; y que produce nuevos conocimientos. El proceso de sistematización permite mejorar las propias experiencias analizadas y por otro lado brinda elementos que valoran otras experiencias. Además de que recopila de forma ordenada la información de cada experiencia.

La investigación se realizó en 5 municipios del Norte de Veracruz; Álamo, Tihuatlán, Papantla, Tecolutla y Gutiérrez Zamora, con 8 organizaciones de productores que mantienen una relación institucional con la UACH. Se realizó una caracterización de productores con un 10.32% del total de productores como informantes clave por ser productores destacados en su producción orgánica. Seleccionándose 12 productores por organización. Se identificaron en la muestra productores pequeños (menores de 5 ha), medianos (de 6 a 20ha) y grandes (mayores de 20ha). También se tomó en cuenta la pendiente de las parcelas (terrenos planos o lomeríos). A su vez se identificó la edad de la plantación, producción, capitalización, acceso a la información y al conocimiento agroecológico, y el grado de concientización de los productores. A su vez, se realizó una evaluación de costos y mano de obra por cada práctica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. La producción de naranja libre de Glifosato en la Zona Norte de Veracruz en organizaciones sociales

Las organizaciones certificadas de manera independiente representan alrededor de 310 productores, con un total de 1,339 hectáreas, un rendimiento promedio de 9.5 t ha⁻¹ (Cuadro 1). Adicionalmente en la región hay 300 citricultores vinculados a las jugueras con producción orgánica.

Varias de éstas organizaciones iniciaron su interés de convertirse a la producción orgánica a partir de visitas, cursos y talleres de capacitación al Faro Agroecológico o Huerta Madre Grupo Los Gómez ubicado en Papantla, Veracruz, donde se ha encontrado de forma puntual respuestas a los diferentes problemas de la producción de naranja orgánica con enfoque agroecológico; se emplean más de 30 prácticas agroecológicas en 16 ha y se tiene un rendimiento para 2021 de 37.2 t.ha⁻¹; es decir 160% más que el promedio municipal, regional y nacional de naranja. Dicha huerta es empleada por el CIIDRI-UACH para promover esta innovación que busca reivindicar los principios originales de la producción orgánica, con un enfoque agroecológico al utilizar recursos locales, promover la biodiversidad, reciclaje de nutrientes, manejo de plagas a través de control biológico in situ (p.e. en las arvenses se refugian insectos benéficos), incorporación de nitrógeno a través de la siembra de coberteras, composta, foliares orgánicos, reproducción local de microorganismos benéficos, entre otras.

Cuadro 1. Organizaciones orgánicas independientes certificadas de la zona Norte de Veracruz, 2021.

<i>Organizaciones</i>	<i>Municipios</i>	<i>No. socios</i>	<i>ha</i>	<i>Producción orgánica (t)</i>	<i>t ha⁻¹</i>	<i>ha / productor</i>
<i>Citricultores Tihuatecos</i>	Tihuatlán	139	800	5840	7.30	5.7
<i>Taracuan</i>	Papantla - Zamora	16	54	1300	20.63	3.3
<i>Compromiso Agroecológico</i>	Papantla - Zamora	7	7	104	14.80	1
<i>Cedros</i>	Papantla	7	68	1305	18.60	9.7
<i>Huasteca Veracruzana</i>	Álamo – Chicontepec	90	180	2000	22.00	2
<i>Chicontepec</i>	Chicontepec	27	100	717	7.17	3.7
<i>Ecológicos de Álamo</i>	Álamo	18	90	450	5.00	5
<i>Del Ángel</i>	Álamo	6	40	1000	25.00	6.6
<i>8 organizaciones</i>		310	1,339	12716	9.49	4.31

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2. Las prácticas para el manejo de arvenses en naranja orgánica

El proceso de transición por parte de los citricultores comienza con la sustitución de los herbicidas utilizando diversas prácticas e instrumentos agrícolas; según tipo de productor, grado de pendiente, época del año y nivel de capitalización, entre otros factores. Las prácticas y tecnologías más comunes son; uso del machete, uso del azadón, desbrozadora manual, tractor y rastra, tractor y chapeadora, tractor y segadora, siembra de leguminosas y diversas combinaciones entre ellas.

En los últimos 3 años, en los terrenos planos predomina la utilización de la desbrozadora manual o apoyándose con tractor y rastra, o tractor y chapeadora. También existen casos en donde se utiliza el motocultor o tractor y segadora para apoyar la limpieza en la zona de goteo. En los terrenos de lomerío donde no puede entrar el tractor comúnmente se utiliza el machete o la desbrozadora manual o la combinación de dichos instrumentos. Cabe mencionar que antes de la llegada de los herbicidas, se utilizaba el azadón en los terrenos planos y el machete en las áreas de lomerío. Con la aparición de los herbicidas estas prácticas fueron suspendidas y solo recientemente, con la aparición de la agricultura orgánica se han vuelto a retomar, dependiendo de la disponibilidad de mano de obra, el conocimiento de otras prácticas y el nivel de capitalización para adquirir desbrozadoras o maquinaria.

Algunos trabajos realizados, entre ellos Gómez *et al.*, 2017, muestran diferencias importantes en el manejo de arvenses en terrenos planos y de lomerío, dado que en los terrenos planos hay una mayor diversidad de prácticas, aunque varias de ellas requieren fundamentalmente de la utilización de maquinaria. A continuación, en el cuadro se desglosan las prácticas para el manejo de arvenses utilizadas en naranja orgánica en el Norte de Veracruz. El manejo de las arvenses con las coberteras es una opción excelente, pues con dicha práctica no sólo se controlan las arvenses, sino que también se fija Nitrógeno, se puede hacer un buen manejo para disminuir la presencia de pastos, se diversifica la parcela, algunas atraen muchos polinizadores (p.e. crotalaria), son refugio para insectos benéficos, extraen nutrientes perdidos de las capas profundas y los ponen a disposición del cultivo principal al ser incorporados al suelo, protegen el recurso edáfico de la erosión. Las leguminosas más empleadas en la región son: crotalaria (*Crotalaria juncea*), mucuna (*Stizolobium deeringiana*), kutzu, canavalia (*Canavalia ensiformes*), crotalaria silvestre (*Crotalaria cajanifolia*), soya forrajera (*Neonotonia wightii*),

Glycine sp, frijol común (*Phaseolus vulgaris*), frijol todo el año, frijol del norte, y frijol gandul (*Cajanus cajan*).

Cuadro 2. Principales prácticas para el manejo y control de arvenses en naranja orgánica en el Norte de Veracruz, 2021.

1. Limpia con técnica manual
 - 1.1.1. Azadón al ruedo
 - 1.1.2. Azadón al hilo
 - 1.1.3. Machete al ruedo pelo tierra / chapoleo
2. Limpia con equipos motorizados
 - 2.1.1. Desbrozadora
 - 2.1.2. Motocultor
 - 2.1.3. Tractor
 - 2.1.4.1 Chapeadora
 - 2.1.4.2 Rastra
 - 2.1.4.3 Segadora no hidráulica
3. Manejo con cultivos de coberturas (leguminosas)
 - 3.1.1. Cultivos de cobertura
 - 3.1.2. Arvenses
4. Residuos de cosecha
4. Coberturas muertas
- 5 Limpia por zona
 - 5.1.1. Limpia en el hilo sin tocar calle
 - 5.1.2. Limpia en la calle con chapote volado en el hilo
 - 5.1.3. Limpia alternada de calles
6. Manejo de arvenses según humedad del suelo y época del año
7. Manejo de arvenses seleccionadas
8. Alta densidad de árboles / ha
9. Pastoreo de ganado menor en huertas
10. Combinaciones
 - 10.1.1. Tractor con chapeadora en la calle y desbrozadora debajo de los árboles.
 - 10.1.2. Tractor con rastra ligera en calle y desbrozadora al hilo.
 - 10.1.3. Tractor con chapeadora en la calle, segadora debajo de los árboles y machete para zona pegada al tallo.
 - 11.1.4. Siembra de leguminosas en la calle y después paso de rastra ligera.
 - 11.1.5. Siembra de leguminosas en la calle con 2 pasadas de rastra.
 - 11.1.6. Otras prácticas. Diversidad de prácticas utilizadas, combinaciones y estrategias específicas.
12. Prácticas que se realizan solas o en combinación de acuerdo con las condiciones de cada huerta (humedad, tipo de suelo, ambiental, presencia de plagas o enfermedades, brotación, cosecha, etc.).

Fuente: Elaboración propia, 2021.

El manejo agroecológico de arvenses aún no se logra instrumentar por todos los citricultores orgánicos. Se trata de un enfoque distinto de tratar las arvenses o malezas, pues son “buenazas”. Requiere de un conocimiento a profundidad de cada predio, suelo, monitoreo de plagas, pronóstico meteorológico, etc. Las arvenses se van a manejar de forma diferenciada dependiendo de la época (no se realiza corte de arvenses en sequía), de la presencia de plagas en la naranja, pendiente, etapa fenológica (p.e. durante las 4 brotaciones de la naranja no debe hacerse control de arvenses, pues en hierbas como el mozote blanco (*Bidens pilosa*) habita *Tamarixia radiata* y otros insectos biológicos que son controladores de la *Diaphorina citri* (transmite el virus del HLB o dragón amarillo). (López, at. al., 2019). Se deben dejar

reservorios para los insectos benéficos, por lo que conviene hacerse corte alternado de calles e hilos en el naranjal, de tal forma que no se quiten todas las hierbas; se dejan asemillar las arvenses de hoja ancha para que poco a poco vayan desplazando a los pastos; y se promueva un control biológico in situ en la huerta.

3. Mano de obra y costos de producción para el manejo de arvense en naranja orgánica

Las herramientas tradicionales como el azadón y el machete conllevan una mayor utilización de mano de obra; la desbrozadora ha ganado terreno en la adopción por parte de los productores orgánicos (y también de algunos convencionales) dado que requiere una inversión mucho menor que un tractor y puede avanzar por jornal casi media hectárea, es fácil de manejar y casi cualquiera la puede emplear. El uso de motocultor también es una buena opción para pequeños productores. El tractor puede avanzar mínimamente 3 ha por día (Ver cuadro 3).

Cuadro 3. Uso de mano de obra de acuerdo a la herramienta o maquinaria empleada en naranja orgánica en el Norte de Veracruz, 2021.

Práctica	No. De jornales/ha
Azadón al área de goteo /ruedo	10
Machete al área de goteo	20
Desbrozadora	80
Motocultor	200
Tractor	600

Nota: 1 ha tiene en promedio 200 árboles por ha. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Como se puede apreciar en los cuadros 4 y 5, hay una gran variación en los costos para el control y manejo de arvenses al sustituir a los herbicidas.

Cuadro 4. Manejo y control de arvenses en producción de naranja orgánica y agroecológica en el Norte de Veracruz, México. Terreno plano. 200 árboles/ha. 2021.

Práctica	Costo total/ ha \$ pesos
Azadón al ruedo	\$ 16,000.00
Machete al ruedo	\$ 12,000.00
Leguminosa <i>Crotalaria juncea</i> con 2 rastras	\$ 6,594.00
Chapeadora-segadora-machete	\$ 6,370.50
Leguminosa <i>Crotalaria juncea</i> con 1 rastra	\$ 5,147.00
Desbrozadora	\$ 4,770.00
Tractor rastra y desbrozadora	\$ 4,484.00
Tractor chapedora-desbrozadora	\$ 3,760.50
Desbrozadora	\$ 3,180.00
Motocultor	\$ 3,152.40
Herbicida Glifosato * (8 litros al año)	\$ 2,300.00

*Solo para comparación, 1 litro de herbicida a \$ 125.00. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se tiene un menor costo directo si se utilizan herbicidas (glifosato, 2-4-D, etc.), lo que explica el gran arraigo de esta práctica en las huertas convencionales de la región. Desafortunadamente se ha valorado incorrectamente este ahorro económico, pues no se contabilizan los daños que ocasionan a la naturaleza y a la salud humana, información ampliamente conocida y que se ha documentado en

más de mil artículos científicos (Rossi, 2020; Gómez y Gómez, 2020; Lysimachou, A. 2020; Toledo, 2020).

La desbrozadora podría ser la herramienta más sencilla de utilizar sobre todo para pequeños productores (en la región serían aquellos que tienen entre 5 y 7 ha) tanto en los terrenos planos como en los de lomeríos en un plan de manejo y control de arvenses para favorecer la transición al no uso de glifosato, valorando las bondades ambientales y de la salud humana.

Cuadro 5. Manejo de arvenses en producción de naranja orgánica y agroecológica en el Norte de Veracruz, México. Terreno de lomerío > 30% de pendiente. 300 árboles / ha. 2021.

Práctica	Costo total/ha \$ pesos
Machete pelo tierra	\$ 9,000.00
Machete chaponeo (corte alto)	\$ 4,000.00
Desbrozadora	\$ 4,000.00
Desbrozadora y machete chaponeo	\$ 4,000.00
Herbicida Glifosato * (8 litros al año)	\$ 3,400.00

*Solo para comparación, 1 litro de herbicida a \$ 125.00. Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONCLUSIONES

Las experiencias en el manejo y control de arvenses por parte de los productores orgánicos de naranja en 1300 ha (promedio de superficie de 4.3 ha por socio), demuestran que es posible producir sin Glifosato, y sin ningún otro agrotóxico.

Existen muchas estrategias para el manejo y control de arvenses que incluyen diferentes tipos de prácticas, instrumentos agrícolas y maquinaria; desde aquellas accesibles a pequeños productores como desbrozadoras, machete y azadón; hasta maquinaria e implementos como chapeadoras, segadoras, etc.

Los productores más avanzados en concientización están caminando hacia el manejo agroecológico de arvenses que incluye la toma de decisiones informada con base a criterios ecológicos del conocimiento sobre las condiciones de la huerta, las arvenses, las plagas presentes, la época, etc.

El papel del Estado debe caminar no sólo en términos de la prohibición de sustancias peligrosas como el Glifosato, sino también en la concientización en los productores; brindar facilidades para adquirir la instrumentos agrícolas y maquinaria, prácticas que deben utilizar, capacitación sobre las prácticas agroecológicas, y créditos blandos para apoyar la sustitución de mano de obra y a la conversión agroecológica, entre otros.

LITERATURA CITADA

- Bejarano, F. 2017. Los plaguicidas altamente peligrosos en México. RAPAM. Texcoco, Estado de México.
- CIBIOGEM. 2019. Repositorio de investigación científica sobre el glifosato. México. En <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-deinformacion/documentos-y-actividades-en-bioseguridad/repositorio-glifosato?busqueda=1108>

- CONACYT. 2020. Suspensión escalonada al uso del glifosato y construcción de alternativas ecológicas y de baja toxicidad para el manejo agrícola integrado. Grupo de trabajo CONACYT. Cd. de México. México.
- Diario Oficial de la Federación. 2020. Decreto presidencial por el que se establecen las acciones que deberán realizar las dependencias y entidades que integran la Administración Pública Federal, en el ámbito de sus competencias, para sustituir gradualmente el uso, adquisición, distribución, promoción e importación de la sustancia química denominada glifosato y de los agroquímicos utilizados en nuestro país que lo contienen como ingrediente activo, por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente. 31/dic/2020. En: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31%2F12%2F2020
- Excelsior. 2020. Acuerdan eliminación gradual de plaguicida glifosato. 15 de junio, 2020. pp. s/p. En: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/acuerdan-eliminacion-gradual-de-plaguicida-glifosato/1388330>
- Forbes. 2020. Bayer desembolsa 10,900 mdd para resolver demandas por herbicida con glifosato. 24 de junio. En: <https://www.forbes.com.mx/negocios-bayer-resolver-demandas-herbicida-glifosato/>
- Gómez C. M. A.; Gómez T. L., Schwentesius R. R. Rodríguez N. O., Reyes R. R; Villatoro López M. O. 2017. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. CIIDRI-PEVU-Patronato Universitario-CLAC-Fair Trade-REDAC. Serie publicaciones agroecológicas. Chapingo, Estado de México.
- Gómez Cruz M. A. y Gómez Tovar L. 2020. Científicos responden al Consejo Nacional Agropecuario. En: La Jornada del Campo. No. 156. 19 de septiembre. pp. 6. En: <https://www.jornada.com.mx/2020/09/19/delcampo/articulos/cientificos-responden.html>
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2018. Los Principios de la Agricultura Orgánica Preámbulo. 4 p. En: http://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf.
- Jara, O. 2017. La sistematización de experiencias: práctica y teoría para mundos posibles. Centro de Educación y Desarrollo Humano. Primera edición, Bogotá, Colombia. 258p.
- López Sánchez F., Gómez-Tovar L., Brambila Santiesteban A. 2019. Inventario de entomofauna (Citrus sinensis L. Osbeck bajo manejo orgánico vs manejo convencional en San Pablo, Municipio de Papantla, Veracruz. En: Victorino R. L y W. Castillejos L (Coords). Investigación Socioambiental, educativa y humanística ante los retos del desarrollo rural nacional. En: UACH-Colofon. Cd. De México. México. pp. 408-415.
- Lysimachou, A. 2020. La evaluación del riesgo de glifosato en Europa – Conflictos y Evidencias. Webinar. En: <https://www.lavanguardia.com/natural/20170316/42922431388/dictamen-europa-herbicida-glifosato-cancer.html>
- Ramírez, M. F. 2021. El herbicida glifosato y sus alternativas. Universidad Nacional de Costa Rica. Serie Informes Técnicos IRET N°44. Heredia. Costa Rica.
- Rossi. 2020. Antología del Glifosato. Naturaleza de derechos. Argentina. En: <https://surcosdigital.com/wp-content/uploads/2020/04/Antologia-toxicologica-del-glifosato-5-ed.pdf>
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola 2019. En: <http://www.siap.gob.mx/>.

- Toledo, M. V. M. 2020. Oda al glifosato. En: La Jornada en línea. 19 de mayo, 2020. En: <https://www.jornada.com.mx/2020/05/19/opinion/018a1pol>, s/p.
- Toledo, M. V. M. 2021. La guerra del glifosato: actores y drama. En: La jornada. 25 de febrero de 2021, pp. 17. En: <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/02/23/politica/la-guerra-del-glifosato-actores-y-drama/>
- Willer, H. and Lernoud, J. (coords.). 2019. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2019. FiBL and IFOAM. Germany.

CRECIMIENTO DEL CILANTRO EN UN CUARTO OSCURO CON DIFERENTES LÁMPARAS LED Y DIFERENTES SISTEMAS HIDROPÓNICOS

Marco Antonio Bustamante-García¹

Michiko Takagaki²

Lu Na²

Alejandro José Bustamante-Dávila³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México

²Chiba University, Japan

³INIFAP, México, y Wageningen University and Research, The Netherlands

mbusgar@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo del cilantro generalmente se realiza en suelo y a campo abierto, por lo cual su rendimiento y calidad se ve mermada debido a varios factores como son la disponibilidad y calidad del agua de riego, las altas temperaturas y fotoperiodos largo que inducen una floración prematura, etc. Una alternativa de solución es cultivar al cilantro en ambientes protegidos como son fábricas de plantas provistas de sistemas hidropónicos y lámparas LED, donde es posible alcanzar buenos rendimientos y productos de alta calidad durante todo el año. En base a esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento del cilantro en un cuarto oscuro provisto de diferentes sistemas hidropónicos y diferentes lámparas LED. Al comparar los sistemas hidropónicos NFT y DWC, utilizando las lámparas de MegaluzT8 de luz blanca y las lámparas Phlizon 600 de luz roja/azul, encontramos que el mejor desarrollo vegetativo del cilantro se obtuvo con el sistema DWC y las lámparas Phlizon 600; mientras que en el sistema hidropónico DFT las mejores respuestas se observaron con las lámparas Haofy de luz roja/azul, comparadas con las obtenidas con las lámparas Haofy de luz blanca.

Palabras clave: NFT, DWC, DFT

INTRODUCCIÓN

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una hortaliza de la familia de las Umbelíferas, la cual por ser una planta aromática es utilizada en la cocina mexicana en diferentes platillos tradicionales, además de tener propiedades medicinales que la hacen ser un producto que se puede industrializar a gran escala para tratar o prevenir diversas enfermedades o malestares comunes en la gente. Este cultivo tiene la ventaja de que su ciclo vegetativo es corto (2-3 meses) y no presenta problemas considerables de plagas ni enfermedades. Sin embargo, su cultivo tradicional en el suelo y a campo abierto, se ve mermado por falta de agua de riego, agua de mala calidad, suelos contaminados, floración prematura debido a altas temperaturas y fotoperiodos largos, etc. Una alternativa para contrarrestar estos problemas y mejorar los rendimientos y la calidad de los productos cosechados en este y en otros cultivos, es su producción en ambientes controlados, tanto en invernaderos como en fábricas de plantas, donde es común utilizar lámparas LED y diferentes sistemas de producción hidropónica (Massa, *et al.*, 2008; Ono and Watanabe, 2006). En un trabajo reciente (Bustamante, *et al.*, 2020) estudiamos el crecimiento del cilantro en un cuarto oscuro, bajo 4 lámparas LED diferentes y utilizando macetas con sustrato de fibra de coco y composta vegetal, encontrando que su crecimiento fue mejor con las lámparas que emitían una mayor densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el crecimiento del cilantro en un cuarto oscuro con diferentes lámparas LED y diferentes sistemas hidropónicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Departamento de Horticultura de la UAAAN en Saltillo, Coahuila, en los meses de septiembre a noviembre del 2020. Semillas de cilantro cv. Marroquí fueron sembradas en cubos de lana de roca (3 semillas/cubo) humedecidos con agua, colocando estos en charolas plásticas con tapas y puestas estas en un cuarto oscuro para su germinación. Después de 4 días notamos un cierto desarrollo de hongos en las semillas, debido probablemente al exceso de humedad dentro de las charolas, por estar estas con las tapas cerradas totalmente, por lo que tratamos de controlar esto abriendo un poco las tapas y asperjando las semillas con NaHCO_3 , con lo cual el hongo se redujo un poco pero no lo suficiente, por lo que decidimos hacer lo siguiente: las semillas, las cuales ya habían germinado, fueron tratadas con una solución de hipoclorito de Na al 2% por 15 minutos y después se lavaron con agua varias veces. Semilla nueva fue tratada de la misma forma, para asegurar el poder contar con plántulas libres de hongos, lo cual se logró con ambos tipos de semillas. El desarrollo de las plántulas se realizó durante 14 días bajo lámparas LED con un fotoperiodo de 12 horas y un PPFD de $180 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, asperjando los cubos de las plántulas con una solución nutritiva diluida al 30%. Después de esto, las plántulas fueron trasplantadas a 3 sistemas hidropónicos diferentes, siendo estos el NFT (técnicas de la capa nutritiva), DWC (cultivo en agua profunda) y DFT (técnica de flujo profundo); teniéndose los 2 primeros bajo 2 tipos de lámparas LED, cuyas características se presentan en el cuadro 1; mientras que en el DFT se utilizaron otros 2 tipos de lámparas LED (cuadro 3); operando todas con un fotoperiodo de 12 horas. La PPFD y la radiación UV-A y UV-B se determinó utilizando un Apogee Quantum Flux y un medidor de luz UV modelo UV340B, respectivamente. En los 3 sistemas hidropónicos se utilizó una formula nutritiva comercial para cultivar hortalizas de hoja (Bustamante, *et al.*, 2021) aplicándose el riego (en los sistemas NFT y DFT) o la oxigenación (en el sistema DWC) por 12 horas al día, operando por 15 minutos y apagándose por 45 minutos. El cuarto oscuro contaba con 3 abanicos para mantener una buena circulación de aire alrededor de las plantas, variando la temperatura entre los 21 y 23°C; mientras que la H. R. vario entre 40 y 57%, registrándose esto con un higo-termómetro Extech. Se tuvieron 12 plantas (repeticiones) por tratamiento, cosechándose estas después de 30 días, en los diferentes sistemas de cultivo, determinándose el peso fresco del follaje y raíz, así como las unidades SPAD en las hojas, utilizando una báscula digital Oneida LAB-500 y un medidor de clorofila SPAD-502 Konica Minolta, respectivamente. Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P=0.05$), utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 nos muestra que la lámpara Phlizon 600 emite una mayor radiación PPFD ($310 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) que la lámpara Megaluz T8 ($230 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) lo cual resulta en un DLI (integral de luz diaria) mayor en la primera lámpara (13.4 moles/día) si se considera el fotoperiodo de 12 horas de luz que se tenía con ambas lámparas. En cuanto a la emisión de radiación UV-A y UV-B, la lámpara Phlizon 600 no emite, mientras que la lámpara Megaluz T8 emite muy poco o una cantidad que se considera insignificante ($9.9 \mu\text{W}/\text{cm}^2$).

Cuadro 1. Características de radiación de las dos lámparas LED utilizadas en el cultivo del cilantro en los sistemas hidropónicos NFT y DWC.

Lámpara LED	PPFD $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	UV-A y UV-B $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	DLI Moles/Día
Megaluz T8 48w Luz blanca	230	9.9	9.9
Phlizon 600 55w Luz roja/azul	310	0.2	13.4

En el cuadro 2 se observa que el peso fresco del follaje fue mayor en el sistema hidropónico DWC que en el NFT, obteniéndose el mayor valor con las lámparas Phlizon 600 (11.9 gr), el cual fue estadísticamente diferente al resto de los valores. Este resultado pudiera deberse a la mayor radiación PPFD que emite esta lámpara y a que el sistema hidropónico DWC provee una mayor cantidad de agua rica en nutrientes y una buena oxigenación, comparado con lo que se tiene en el sistema NFT. Este comportamiento también se ha observado en producciones comerciales de lechugas y otras hortalizas de hoja, bajo condiciones de invernadero. Por otro lado, el peso fresco de la raíz fue muy similar y sin diferencia estadística en todos los tratamientos, aunque podemos notar que los mayores valores se obtuvieron con las lámparas Phlizon 600, probablemente de nuevo por la mayor radiación PPFD que emiten dichas lámparas. En cuanto a las unidades SPAD en las hojas, podemos notar que el valor más bajo y el cual fue estadísticamente diferente al resto de los valores, fue el que se obtuvo en el sistema NFT con lámparas Megaluz T8 (26.8); lo cual coincide con lo reportado por Ohashi-Kaneko, *et al.*, (2007), de que lámparas que emiten longitudes de onda roja y azul, inducen hojas con una mayor cantidad de pigmentos, incluyendo la clorofila, en comparación con lo que se observa en las plantas cultivadas con luz blanca. Algo similar fue reportado en nuestro trabajo con lechugas (Bustamante, *et al.*, 2021).

Cuadro 2. Peso fresco de follaje, peso fresco de raíz y unidades SPAD en las hojas del cilantro, cultivado en cuarto oscuro en los sistemas hidropónicos NFT y DWC, bajo dos tipos de lámparas LED.

Sistema Hidropónico	Lámpara LED	Peso fresco de follaje (gr)	Peso fresco de raíz (gr)	Unidades SPAD
NFT	Megaluz T8	4.8 b	8.4 a	26.8 b
	48w Luz blanca			
	Phlizon 600	4.7 b	9.5 a	41.5 a
	55w Luz roja/azul			
DWC	Megaluz T8	6.9 b	6.0 a	39.8 a
	48w Luz blanca			
	Phlizon 600	11.9 a	9.2 a	33.7 a
	55w Luz roja/azul			
DMS (0.05)		3.0	4.0	7.0

Medias con la misma letra en columnas entre tratamientos, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$); DMS = Diferencia Mínima Significativa.

En el cuadro 3 se puede notar que las lámparas Haofy de luz roja/azul emiten una mayor radiación PPFD ($208 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) que las lámparas Haofy de luz blanca ($140 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), por lo que con la primera lámpara se tuvo un mayor DLI (8.9 moles/día) con el fotoperiodo de 12 horas que se estableció para las dos lámparas. En cuanto a la emisión de radiación UV-A y UV-B, la lámpara Haofy de luz blanca emite $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, lo cual se pudiera considerar significativo en relación a que la lámpara Haofy de luz rojo/azul no emite.

Cuadro 3. Características de radiación de las dos lámparas LED utilizadas en el cultivo del cilantro en el sistema hidropónico DFT.

Lámpara LED	PPFD $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	UV-A y UV-B $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	DLI Moles/Día
Haofy 36w			
Luz blanca	140	20	6.0
Haofy 36w			
Luz roja/azul	208	0.2	8.9

En el cuadro 4 se puede notar que tanto el peso fresco del follaje como el peso fresco de la raíz no presentaron diferencias significativas con ambos tipos de lámparas, pero que las unidades SPAD en las hojas si fueron estadísticamente mayores con las lámparas Haofy de luz roja/azul (42.2), comparado con lo observado con las lámparas Haofy de luz blanca (33.5); lo cual coincide con lo que encontramos en el sistema hidropónico NFT.

Cuadro 4. Peso fresco de follaje, peso fresco de raíz y unidades SPAD en las hojas del cilantro, cultivado en cuarto oscuro en el sistema hidropónico DFT, bajo dos tipos de lámparas LED.

Sistema Hidropónico	Lámpara LED	Peso fresco de follaje (gr)	Peso fresco de raíz (gr)	Unidades SPAD
DFT	Haofy 36w Luz blanca	1.8 a	3.6 a	33.5 b
	Haofy 36w Luz roja/azul	2.6 a	3.9 a	43.2 a
	DMS (0.05)	2.0	2.0	5.0

Medias con la misma letra en columnas entre tratamientos, son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$); DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Los menores valores de peso fresco de follaje y de peso fresco de raíz que estamos reportando en el sistema hidropónico DFT, comparado a los valores que encontramos con los sistemas NFT y DWC, consideramos que fueron debido a que en el sistema DFT utilizamos lámparas diferentes y de una menor radiación PPFD que en los sistemas NFT y DWC, por lo que este experimento en DFT no se puede comparar con los experimentos en NFT y DWC, pero que individualmente nos ayuda a confirmar que el desarrollo del cilantro y de otras hortalizas de hoja se ve fuertemente influenciado por la intensidad de radiación PPFD, por el DLI y por las longitudes de onda o color de la luz que emiten las lámparas.

CONCLUSIONES

El crecimiento y calidad del cilantro cultivado hidropónicamente en cuarto oscuro fue superior al utilizar el sistema DWC y lámparas LED Phlizon 600 de luz roja/azul.

LITERATURA CITADA

- Bustamante-García, M.A., M. Takagaki, L. Na, y A.J. Bustamante-Dávila. 2020. Caracterización de 4 lámparas LED y su efecto en el crecimiento del cilantro (*Coriandrum sativum*). En: VIII Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 547-548.
- Bustamante-García, M.A., M. Takagaki, L. Na, y A.J. Bustamante-Dávila. 2021. Crecimiento y unidades SPAD en lechuga hidropónica cultivada en cuarto con dos diferentes lámparas LED. En: Simposio Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura. 155-158.
- Massa, G.D., H.H., Kim, R.M. Wheeler, and C.A. Mitchell. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. HortScience 43:1951-1956.
- Ohashi-Kaneko, K., M. Takase, K. Naoya, K. Fujiwara and K. Kurata. 2007. Effect of light quantity on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. Environ. Control Biol. 45:189-198.
- Ono, E. and H. Watanabe. 2006. Plant factories blossom. Resource Mar. 2006:13-14.

CULTIVO HIDROPÓNICO DE LA ARÚGULA EN CUARTO OSCURO CON DIFERENTES LÁMPARAS LED

Marco Antonio Bustamante-García¹

Michiko Takagaki²

Lu Na²

Alejandro José Bustamante-Dávila³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México

²Chiba University, Japan

³INIFAP, México, y Wageningen University and Research, The Netherlands

mbusgar@hotmail.com

RESUMEN

La arúgula es una planta comúnmente utilizada en las ensaladas verdes, siendo un ingrediente que les da un sabor especial a estas, por lo que su uso es muy común en restaurantes gourmet tanto en Europa como en los Estados Unidos. Su producción se ha realizado en suelo y a campo abierto, aunque recientemente se está produciendo en invernadero y cultivo hidropónico, así como en fábricas de plantas donde es necesario utilizar lámparas LED para proveer la radiación que necesita el cultivo. Existen diferentes sistemas hidropónicos que se recomiendan para el cultivo de las hortalizas de hoja, así como diferentes tipos de lámparas LED que se pueden utilizar en una fábrica de plantas, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de la arúgula en un cuarto oscuro con diferentes sistemas hidropónicos y diferentes lámparas LED. Al cultivar la arúgula en los sistemas hidropónicos NFT y DWC, utilizando las lámparas LED Megaluz T8 de luz blanca y la Phlizon 600 de luz roja/azul, encontramos que el mejor crecimiento del cultivo en cuanto a peso fresco de follaje y raíz, se presentó en el sistema hidropónico NFT, provisto de lámparas Megaluz T8 de luz blanca, aunque en este mismo sistema hidropónico con las lámparas Phlizon 600 de luz roja/azul, se obtuvieron con mayores valores de unidades SPAD en las hojas del cultivo. El sistema hidropónico DFT provisto de lámparas LED Haofy de luz blanca y Haofy de luz roja/azul presentó un crecimiento inferior al observado en los otros dos sistemas hidropónicos, por lo que concluimos que la arúgula se desarrolla mejor en un sistema hidropónico NFT provisto de lámparas Megaluz T8.

Palabras clave: NFT, DWC, DFT

INTRODUCCIÓN

La arúgula (*Eruca vesicaria* L.), perteneciente a la familia de las Crucíferas, es muy popular en Europa y en los Estados Unidos, como ingrediente en ensaladas verdes, ya que les da un toque de sabor delicioso. La planta crece mejor en climas frescos y por ser resistente al frío, se adapta bien al ser cultivada en invernaderos sin calefacción. La planta es pequeña y tiene un sistema radicular compacto, por lo que es fácil de cultivar en macetas dentro de una casa al lado de una ventana con sol. La producción de esta y otras hortalizas de hoja, bajo condiciones de invernadero y en diferentes sistemas hidropónicos, se está realizando en diferentes partes del mundo, ya que ofrece al productor mayores rendimientos y un producto de alta calidad, además de reducir considerablemente el uso de agua y fertilizantes (Raviv and Lieth, 2008). Más recientemente, la producción de estas se está llevando a cabo en fábricas de plantas, las cuales cuentan con lámparas LED, dando como resultado un incremento en los rendimientos y una mayor inocuidad de los productos cosechados (Ono and Watanabe, 2006; Ijichi, 2018).

A partir del mes de julio del año 2020, iniciamos trabajos con diferentes hortalizas de hoja, incluyendo a la lechuga (Bustamante, *et al.*, 2021), para determinar las mejores condiciones de cultivo hidropónico en un cuarto oscuro, evaluando diferentes sistemas hidropónicos como el NFT (técnica de la película o capa nutritiva), el DWC (cultivo en agua profunda) y el DFT (técnica de flujo profundo); así como evaluando el uso de diferentes lámparas LED que emiten diferentes intensidades de radiación o densidad de flujo de fotones fotosintético (PPFD), así como diferentes longitudes de onda o color de la luz. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue cultivar a la arúgula en un cuarto oscuro, bajo los 3 sistemas hidropónicos mencionados, utilizando diferentes lámparas LED, para determinar su efecto en el crecimiento y unidades SPAD del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el Departamento de Horticultura de la UAAAN, en Saltillo, Coahuila, durante el periodo de noviembre del 2020 a enero del 2021. Se realizó la siembra de semillas en cubos de lana de roca (3 semillas/cubo), los cuales fueron colocados en charolas y estas puestas en un cuarto oscuro hasta lograr la germinación de las semillas; después de lo cual estas fueron colocadas en su estante con las lámparas LED de luz blanca, que prendía por 12 horas al día y emitía un PPFD de 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, para promover el desarrollo de las plántulas. Durante este periodo, las plántulas fueron asperjadas diariamente con una solución nutritiva diluida al 30%. Pasados los 9 días bajo estas condiciones, las plántulas fueron trasplantadas a los 3 sistemas hidropónicos utilizados (NFT, DWC, DFT), los cuales contaban con diferentes tipos de lámparas LED, de acuerdo con lo que se presenta en los cuadros 1 y 3, operando estas por un periodo de 12 horas al día. Las características de radiación de estas lámparas se determinaron utilizando un Apogee Quantum Flux y un medidor de luz UV modelo UV340B. La solución nutritiva utilizada en los 3 sistemas hidropónicos fue una formula comercial recomendada para el cultivo de hortalizas de hoja (Bustamante, *et al.*, 2021), prendiendo el riego en los sistemas hidropónicos NFT y DFT por 15 minutos y apagándose por 45 minutos, durante un periodo de 12 horas al día; mientras que en el sistema hidropónico DWC, en el cual solución nutritiva está constantemente mojando las raíces, se oxigenaba la solución por 15 minutos y se apagaba por 45 minutos, durante el mismo periodo de 12 horas al día. Se colocaron 3 abanicos en el cuarto para ayudar a mantener una uniforme temperatura y humedad relativa alrededor de las plantas, las cuales se estuvieron monitoreando con la ayuda de un higro-termómetro Extech, variando estas entre los 15 y 20°C y 40 y 65%. La combinación de sistemas hidropónicos y tipo de lámpara LED nos permitió tener 6 tratamientos, los cuales contaban con 12 plantas (repeticiones) por tratamiento, cosechándose las plantas después de los 40 días de cultivo. Se registró el peso fresco del follaje y el peso fresco de la raíz, así como las unidades SPAD en las hojas, con la ayuda de una báscula digital Oneida LAB-500 y un medidor de clorofila SPAD-502 Konica Minolta, respectivamente. Los tratamientos se establecieron en un diseño estadístico completamente al azar y los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, realizándose una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P=0.05$), utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 nos presenta como las dos lámparas LED utilizadas en el experimento con los sistemas hidropónicos NFT y DWC, difieren en PPFD, UV-A y UV-B y en el DLI que resulta al estar prendidas por 12 horas al día; además del diferente color de luz que estas emiten. En este caso consideramos que la radiación UV-A y UV-B que emite la lámpara Megaluz T8 de 9.9 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ es muy baja o insignificante, para poder influir en algún proceso fisiológico de la planta, comparado con lo que se puede inducir con los diferentes niveles de radiación PPFD y el DLI que presentan las dos lámparas, además del diferente color o longitudes de onda que emiten estas.

Cuadro 1. Características de radiación de las dos lámparas LED utilizadas en el cultivo de la arúgula en los sistemas hidropónicos NFT y DWC.

Lámpara LED	PPFD $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	UV-A y UV-B $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	DLI Moles/Día
Megaluz T8 48w Luz blanca	230	9.9	9.9
Phlizon 600 55w Luz roja/azul	310	0.2	13.4

En el cuadro 2 se observa que el peso fresco del follaje obtenido en el sistema hidropónico NFT fue estadísticamente superior al inducido en el sistema hidropónico DWC, notándose que en ambos sistemas este peso fresco de follaje fue mayor con la lámpara Megaluz T8 que con la lámpara Phlizon 600. En cuanto al peso fresco de la raíz, podemos notar que se presentó un comportamiento parecido, ya que los mayores valores en este parámetro se presentaron nuevamente en el sistema NFT, así como en ambos sistemas con las lámparas Megaluz T8. En el caso de las unidades SPAD, se observa que estos valores son muy parecidos, excepto al obtenido en el sistema NFT con la lámpara Phlizon 600, que fue de 60.5 unidades SPAD. Estos resultados nos permiten afirmar que el crecimiento de la arúgula es superior si se cultiva en un sistema hidropónico NFT, comparado con lo que se obtiene en el sistema hidropónico DWC; pudiéndose utilizar lámparas LED Megaluz T8 de 48w y luz blanca, para lograr estos resultados.

Cuadro 2. Peso fresco de follaje, peso fresco de raíz y unidades SPAD en las hojas de la arúgula, cultivada en cuarto oscuro en los sistemas hidropónicos NFT y DWC, bajo dos tipos de lámparas LED. Medias con la misma letra en columnas entre tratamientos, no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$); DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Sistema Hidropónico	Lámpara LED	Peso fresco de follaje (g)	Peso fresco de raíz (g)	Unidades SPAD
NFT	Megaluz T8 48w Luz blanca	22.3 a	13.8 a	43.6 b
	Phlizon 600 55w Luz roja/azul	18.3 a	7.3 b	60.5 a
DWC	Megaluz T8 48w Luz blanca	11.0 b	3.0 c	44.1 b
	Phlizon 600 55w Luz roja/azul	5.4 c	1.5 c	42.0 b
DMS (0.05)		5.0	4.0	8.0

En el cuadro 3 se presentan las características de radiación PPFD y UV-A y UV-B de las dos lámparas utilizadas en el sistema hidropónico DFT, así como el DLI que resulta al tenerse operando por 12 horas al día; notándose que la lámpara Haofy 36w de luz roja/azul emiten una mayor PPFD ($208 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) que las lámparas Haofy 36w de luz blanca ($140 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), con lo cual se tienen diferentes niveles de DLI. La radiación UV-A y UV-B de $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ que emite la lámpara Haofy 36w de luz blanca, pudiera considerarse baja si se compara con la radiación UV-A y UV-B que emiten otras lámparas y más aun la que puede emitir el sol, por lo que es poco probable que esta pueda influir en algún proceso fisiológico de la planta.

Cuadro 3. Características de radiación de las dos lámparas LED utilizadas en el cultivo de la arúgula en el sistema hidropónico DFT.

Lámpara LED	PPFD $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	UV-A y UV-B $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	DLI Moles/Día
Haofy 36w Luz blanca	140	20	6.0
Haofy 36w Luz roja/azul	208	0.2	8.9

En el cuadro 4 se observa que el crecimiento de la arúgula en el sistema hidropónico DFT fue muy similar con las dos lámparas LED utilizadas, ya que tanto el peso fresco del follaje como el peso fresco de la raíz, así como las unidades SPAD en las hojas, fueron estadísticamente similares, aunque podemos notar que los valores obtenidos en los tres parámetros registrados fueron ligeramente superiores con la lámpara Haofy 36w de luz roja/azul (la cual emite una mayor PPFD), que los observados con la lámpara Haofy 6w de luz blanca. Sin embargo, donde si vemos una mayor diferencia numérica es en los valores de unidades SPAD, siendo ligeramente más altos con la lámpara Haofy 36w de luz roja/azul, lo cual concuerda con lo observado en el sistema NFT con la lámpara Phlizon 600 de luz roja/azul, donde las unidades SPAD en las hojas fueron superiores a las obtenidas con las lámparas Megaluz T8 de luz blanca. Esto coincide también con lo que encontramos en el cultivo hidropónico de la lechuga (Bustamante, *et al.*, 2021), así como por lo reportado por Ohashi-Kaneko, *et al.* (2007) y por Massa, *et al.* (2008).

Cuadro 4. Peso fresco de follaje, peso fresco de raíz y unidades SPAD en las hojas de la arúgula cultivada en cuarto oscuro en el sistema hidropónico DFT, bajo dos tipos de lámparas LED.

Sistema Hidropónico	Lámpara LED	Peso fresco de follaje (gr)	Peso fresco de raíz (gr)	Unidades SPAD
DFT	Haofy 36w Luz blanca	7.8 a	1.4 a	39.6 a
	Haofy 36w Luz roja/azul	8.7 a	2.0 a	43.4 a
	DMS (0.05)	2.0	2.0	4.0

Medias con la misma letra en columnas entre tratamientos, no son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$); DMS = Diferencia Mínima Significativa.

CONCLUSIÓN

El crecimiento y calidad de la arúgula cultivada hidropónicamente en cuarto oscuro es superior al utilizar un sistema NFT y lámparas Megaluz T8 de luz blanca.

LITERATURA CITADA

Bustamante-Garcia, M.A., M. Takagaki, L. Na, y A.J. Bustamante-Dávila. 2021. Crecimiento y unidades SPAD en lechuga hidropónica cultivada en cuarto con dos diferentes lámparas LED. En: Simposio Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura. 155-158.

Ijichi, H. 2018. Plant factory business in Japan. Agric. Biotechnology 2(6):19-23.

- Massa, G.D.; Kim, H.-H.; Wheeler, R. M.; Mitchell, C.A. 2008 Plant productivity in response to LED lighting. Hort Science 43, 1951-1956.
- Ohashi-Kaneko, K., M. Takase, K. Naoya, K. Fujiwara and K. Kurata. 2007. Effect of light quantity on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. Environ. Control Biol. 45:189-198.
- Ono, E.; Watanabe, H. 2006. Plant factories blossom. Resource Mar. 2006: 13-14.
- Raviv, M. and J. H. Lieth. 2008. Significance of soilless culture in agriculture. In: Soilless Culture. Theory and Practice. M. Raviv and J. H. Lieth (eds.) Elsevier. Amsterdam, The Netherlands. pp: 1-11.

TRANSFERENCIA DE LA INNOVACIÓN DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA, CON BASES AGROECOLÓGICAS, A LOS CITRICULTORES DE VERACRUZ

Manuel Ángel Gómez-Cruz¹

Laura Gómez-Tovar²

Brisa Guadalupe Gómez-Ochoa¹

¹CIIDRI-UACH. Universidad Autónoma Chapingo

²Depto. de Agroecología-CIIDRI-UACH. Universidad Autónoma Chapingo
magomezcruz@live.com

RESUMEN

En la región más importante de producción de naranja valencia, a partir de 2004, se lleva a cabo un proceso de transición, de producción de naranja convencional a naranja orgánica con orientación agroecológica. La UACH, a través del CIIDRI, inicia el proceso, partiendo del diagnóstico de la problemática, en el Norte de Veracruz, que representa el 82% de la producción del Estado, aportando el 51% de la naranja producida en México. Durante 8 años, los trabajos se desarrollaron en una hectárea, posteriormente se extienden a 16 ha en la huerta, denominada “Huerta Madre, Grupo los Gómez”. Dichos trabajos se difundieron con citricultores en el Norte de Veracruz, a través de recorridos, cursos, talleres, publicaciones, videos, etc. La innovación, sin la utilización de agrotóxicos, consiste en un manejo de 5 aspectos, como; limpia, poda, nutrición de la planta, manejo de plagas y enfermedades y trabajos especiales basada en prácticas que responden a los principios de intercambio de saberes, conservación y mejoramiento de los suelos, fomento de la biodiversidad, manejo agroecológico de plagas y enfermedades, y preocupación por la salud de los productores, trabajadores y consumidores.

Palabras clave: Transferencia, agricultura orgánica, agroecología

INTRODUCCIÓN

En México, a partir de 1950, se inició un crecimiento y desarrollo de suma importancia con el cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) volviéndose uno de los frutales más importantes por superficie y por volumen de producción. En 2019, México ocupó el sexto lugar en producción a nivel mundial. Actualmente se tiene una superficie cosechada de 329,771.55 (SIAP, 2021). El rendimiento por hectárea es de 14.36 toneladas arrojando un volumen de producción de 4,736,176.13 t (SIAP, 2021). Veracruz es el principal estado productor con una aportación de 51%, seguido por San Luis Potosí con 10%, Tamaulipas con 9%, Nuevo León con 8%, Puebla con 7% y Yucatán con 4% los cuales en conjunto concentran un total de 89% de la producción nacional en 2019 (ver cuadro 1). El norte de Veracruz representa el 82% de la superficie dedicada a la producción de naranja del Estado (figura 1, cuadro 2).

Diagnóstico y problemática

La Universidad Autónoma Chapingo a través del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI), inicia los trabajos en el Norte de Veracruz, con un diagnóstico, ubicando la problemática más importante, en seis aspectos, a saber:

Baja productividad con tendencia a mantenerse estancada, en los últimos 70 años, con rendimientos que oscilan entre 10 y 15 t.ha⁻¹ en función del clima y manejo.

Cuadro 1. Principales estados productores de naranja en México, 2019.

Estado	Superficie (ha) Cosechada	Producción Nacional (%)
Veracruz	168,858.00	51.20
San Luis Potosí	32,171.20	9.76
Tamaulipas	30,172.10	9.15
Nuevo León	25,353.50	7.69
Puebla	23,351.50	7.08
Yucatán	12,738.17	3.86
Otros	37,127.08	11.26
TOTAL	329,771.55	100

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2021.

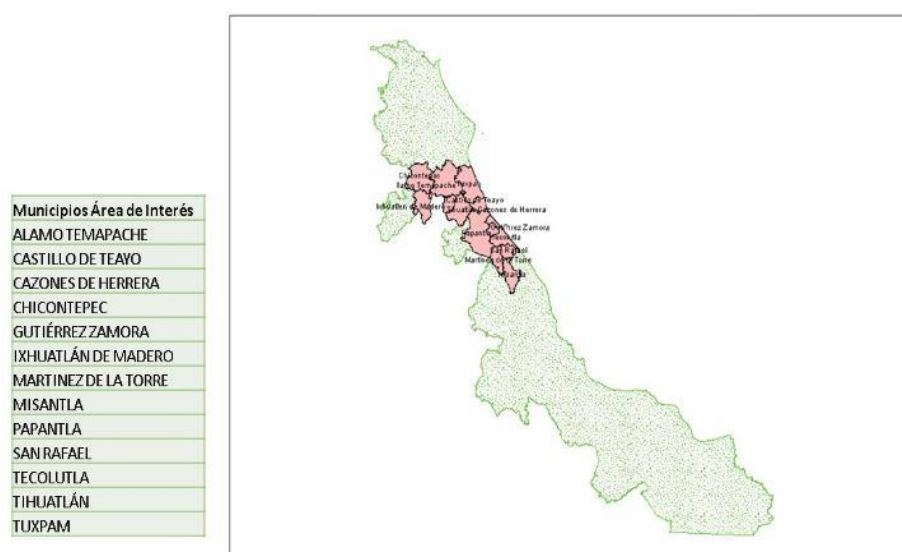


Figura 1. Principales municipios productores de naranja del Norte de Veracruz.

Fuente: Elaboración propia. ArcGis 10.3

Producción sostenida bajo un paradigma tecnológico convencional que contamina suelo, agua y planta, basado en un incremento continuo en los costos de los insumos de síntesis química, que además son nocivos para la salud de trabajadores, productores y consumidores. Un uso importante de glifosato (declarado como posible carcinógeno por la OMS y con evidencias científicas en 1108 artículos por sus daños en la salud del ser humano, animales y al ambiente en general -Rossi, 2020-) en la mayor parte de las huertas, agroquímico del cual México ha prohibido sus importaciones en 2019 y hay un mandato presidencial para su sustitución gradual y eliminación total el 31 de enero de 2024.

El uso de planta no certificada, el empleo generalizado de naranjo agrio como portainjerto y la reciente aparición de tres enfermedades que ponen en riesgo el futuro de la citricultura: Huanglongbing (HLB) y Virus de la Tristeza (VTC) y una tercera enfermedad muy similar al HLB, pero los análisis realizados demuestran que no es HLB aunque también se amarillan los árboles, la naranja madura enverdece, es chica y con jugo insípido y no amargo (CIIDRI, 2021).

Caída de fruta por plan de manejo de las huertas y la presencia de diversos hongos que debilitan el pedúnculo del fruto en estado maduro (octubre-diciembre), ocasionando pérdidas hasta del 20% de la producción. Bajos precios obtenidos por los productores por sistemas de comercialización con una

fuerte participación de intermediarios y de las industrias del jugo de naranja. Falta de asesoría con técnicos formados bajo una orientación agroecológica. La alternativa que la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) propone ante dicha problemática es la producción de naranja orgánica con bases agroecológicas.

Cuadro 2. Principales municipios productores de naranja valencia en el estado de Veracruz, 2019.

Municipio	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
	Sembrada	Cosechada		
1. ÁLAMO TEMAPACHE	43,772.00	43,772.00	794,461.81	18.15
2. PAPANTLA	15,310.00	15,270.00	189,920.00	12.44
3. TIHUATLÁN	13,970.00	13,940.00	205,043.45	14.71
4. CASTILLO DE TEAYO	10,761.00	10,746.00	147,544.50	13.73
5. CHICONTEPEC	9,915.00	9,850.00	128,050.00	13
6. MARTÍNEZ DE LA TORRE	9,739.00	9,698.00	126,811.50	13.08
7. GUTIÉRREZ ZAMORA	8,170.00	8,155.00	101,595.00	12.46
8. TECOLUTLA	6,783.00	6,768.00	83,917.30	12.4
9. TUXPAN	5,481.00	5,441.00	81,615.00	15
10. SAN RAFAEL	4,587.00	4,575.00	63,741.00	13.93
11. MISANTLA	3,879.00	3,846.00	67,261.50	17.49
12. IXHUATLÁN DE MADERO	3,670.00	3,430.00	33,463.08	9.76
13. CAZONES DE HERRERA	3,278.00	3,261.00	47,013.84	14.42
		138,752.00	2,070,437.98	14.92

Fuente: SIAP, 2019.

Antecedentes

El desarrollo de la agricultura orgánica en el Norte de Veracruz se puede describir en tres grandes períodos; el primero, a finales de los años 90, principios del 2000 promovido por la industria del jugo, para exportar a Suiza. Este mercado fue auspiciado por la demanda de la cooperativa KOP de Suiza donde buscó conseguir jugo orgánico, ubicando en México y en el Norte de Veracruz, contratos que ofrecían 50% más de sobre precio en comparación con la naranja para jugo. Muchos productores se interesaron en esa forma de producir, pero ante el incumplimiento de los contratos y los compromisos contraídos por la industria los productores se desanimaron. El error de la industria fue tratar a los productores orgánicos de la misma forma que a los productores convencionales (un trato abusivo), un aspecto que también influyó fue la confusión de la agricultura orgánica con la agricultura natural suspendiendo la utilización de agroquímicos y herbicidas y no utilizando prácticas orgánicas resultando un desmejoramiento de las huertas. Este elemento fue decisivo porque se amarillaban los naranjales. También es de mencionar que muchos agricultores tomaron una actitud deshonesta, vendiendo naranja convencional como orgánica y otros agricultores aplicaron herbicidas y fertilizantes químicos. Durante este período, no había claridad por parte de la industria pues también ésta compraba naranja convencional y vendía el jugo como orgánico. Tampoco se conocía con precisión los lineamientos de la producción orgánica y lo riguroso que es la normatividad.

El segundo período, se inicia a finales de la primera década del siglo XXI con el papel que desempeñó la Universidad Autónoma Chapingo a través del CIIDRI. Había muchos productores que tenían una producción agroecológica y orgánica de años de trabajo, pero no contaban con la certificación. Se inicia un importante trabajo de talleres, elaboración de bitácoras, instalación de barreras y desarrollo tecnológico, investigación y difusión de las prácticas agroecológicas en el cultivo de naranja en toda la

zona Norte del Estado de Veracruz y la relación con empresas certificadoras concluyendo con la certificación de la producción orgánica de varias organizaciones.

En el tercer período, finales del año 2017 y principios del año 2018, hay más industrias jugueras interesadas en fruta de naranja orgánica, y más productores interesados en incorporarse en esta nueva forma de producir y se cuenta también con otros grupos y cuadros de la primera generación que continúan la promoción de lo orgánico en la región.

En este proceso de ampliación y desarrollo de la citricultura orgánica se presentan tres tendencias: 1) la producción orgánica con orientación agroecológica caracterizada por fomentar la biodiversidad, elaboración de insumos preferentemente con recursos locales, manejo *in-situ* de plagas y enfermedades, etc., 2) la agricultura orgánica empresarial caracterizada como industrial, monocultivo, compra de insumos externos, y su objetivo central es la obtención de ganancias y 3) nuevos productores que son atraídos por el precio, y deben orientarse a trabajar bajo un enfoque agroecológico, necesitándose un proceso importante de capacitación y concientización.

En la industria del jugo orgánico se incorporan recientemente nuevas empresas, pero el enfoque de todas ellas es privilegiar sus ganancias (el mercado internacional demanda jugo orgánico certificado) y no se preocupan por la salud de las personas ni por la protección del medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La innovación de la producción de naranja orgánica propuesta por la UACH, a través del CIIDRI, que se ha venido impulsando en el Norte de Veracruz, incluye varios aspectos fundamentales; a saber: 1) conservación y mejoramiento de los suelos de forma ecológica (realizándose la limpieza con desbrozadora, rastra, chapeadora de tractor, segadora y en ocasiones con motocultor machete y azadón; 2.) Poda (poda normal, poda cariño o desmamonado, poda de ramas secas, poda de ramas improductivas, quitado de bejucos, enredaderas), poda de formación, poda de rejuvenecimiento considerando las etapas de la luna sobre la poda, podar en luna recia.); 3) nutrición orgánica de los árboles (compostas, foliares orgánicos, caldos minerales, ajuste de pH, aplicación de microorganismos benéficos, remineralización de suelos con harinas de roca, siembra de leguminosa, etc.); 4) manejo ecológico de plagas, enfermedades y arvenses (manejo de gomosis (*Phytophthora parasítica*), hongo letal (*Ustilina deusta*), antracnosis (*Colletotrichum acutatum*), hormiga común, hormiga arriera (*Atta cephalotes*), tuza, pulgones verde (*Aphis citricola*) y pulgón café (*Toxoptera aurantii*), chinches, mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*), *Diaphorina citri* con la conservación y uso de arvenses, otras especies y barreras vivas, y manejo del VTC promoviendo el uso de patrones tolerantes adecuados a cada tipo de suelo); 5) fomento de la diversidad en las huertas (al interior y en las barreras de amortiguamiento); y 6) certificación y comercialización de la fruta orgánica para mercado nacional e internacional a través de contratos con certificadoras orgánicas de la industria del jugo. En esencia se busca fortalecer las bases y procesos que mejoran y que conservan el suelo y preocupación de la bondad de la materia orgánica, fomentar la biodiversidad, reciclado de materiales, uso preferente de recursos locales, manejo ecológico de plagas y enfermedades, el desarrollo endógeno a través del rescate de conocimientos y saberes campesinos y priorizar la salud humana y del medio ambiente (Guzmán *et. al*, 2000).

Proceso de difusión y transferencia

El proceso de difusión y transferencia no solo involucra la cuestión productiva, sino que comprende la organización jurídica de los productores, la certificación orgánica de estas organizaciones y su organización para la comercialización. También debe considerarse el apoyo a la tendencia de algunas organizaciones, grupos de productores y asesores para formarse como faros agroecológicos y seguir promoviendo esta forma de hacer agricultura.

El proceso de difusión, capacitación y seguimiento para la producción orgánica de naranja se inicia mediante pláticas de inducción a la agricultura orgánica, visitas, recorridos, reuniones, cursos, y se continúa comprendiendo los siguientes puntos:

- Recorridos en la “Huerta Madre”, ubicada en el Ejido San Pablo, Papantla, Veracruz por productores organizados, no organizados e interesados en general en conocer la innovación para la producción de naranja orgánica y agroecológica.
- Cursos-talleres básicos en prácticas agroecológicas y elaboración de insumos con materiales locales.
- Cursos-talleres nivel 2 para productores avanzados en el proceso de producción de naranja orgánica y agroecológica.
- Cursos de introducción a la agricultura orgánica, proceso de certificación orgánica y apoyo a pequeños productores para la conformación de organizaciones.
- Cursos de capacitación a productores y técnicos del Programa Sembrando Vida de la Secretaría del Bienestar.
- Capacitación de jóvenes del Programa que encabeza la Secretaría del Trabajo, “Jóvenes Construyendo el Futuro”.
- Recorridos de inspección interna a organizaciones y capacitación a personal del sistema de control interno de las organizaciones certificadas como orgánicas del Norte de Veracruz.
- Parcelas demostrativas; instalación y seguimiento.
- Servicios sociales y estancias pre-profesionales por estudiantes de la UACH y otras instituciones.
- Reuniones de trabajo con productores exitosos de Faros Agroecológicos.
- Reuniones con organizaciones orgánicas y empresas del jugo para la comercialización de naranja orgánica.
- Consolidación de nuevas organizaciones certificadas como orgánicas.
- Ponencias.
- Publicaciones-Memorias.
- Videos en medios de difusión nacional.
- Artículos de difusión
- Otros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados destacados del presente trabajo de difusión y transferencia durante el periodo resiente 2018-2021 se concentran en una gran diversidad de actividades, una significativa atención a productores y forma preferencial a sus organizaciones y la capacitación de técnicos que van a continuar capacitando a nuevos productores. El abordaje y prueba de las técnicas agroecológicas se desarrollan en el faro agroecológico Huerta Madre “Grupo Los Gómez” (Gómez, et. al., 2021) a saber:

1. La diversidad de la huerta se refiere a todas las especies de plantas y animales y microorganismos existentes dentro de un ecosistema que interactúan para optimizar los procesos ecológicos claves. En los agroecosistemas es posible distinguir 4 tipos de biodiversidad; productiva (cultivos, especies animales); destructiva (plagas, arvenses, enfermedades, etc); neutral (herbívoros que no son plagas que sirven de alimento a predadores) y benéfica o funcional (enemigos naturales, lombrices, microorganismos del suelo que cumplen roles importantes en procesos como el control natural de plagas, polinización, reciclaje de nutrientes, etc. (Altieri et. al., 2014).

2. El manejo de arvenses de manera agroecológica, ha permitido incrementar la diversidad en la huerta. En 2011 se tenían identificadas 117 especies de arvenses (López, 2012) y 10 años después se

identificaron 155 arvenses para ese momento también se muestreo una huerta convencional vecina, donde la diversidad fue de 55 especies (Santiago, 2020). La manera en que se realiza el manejo de arvenses depende de las condiciones climáticas; con corte alternado manual en la zona de goteo, uso de desbrozadoras, tractor (segadora, chapeadora y de ser necesaria rastra), motocultor y por último el uso de coberteras de leguminosas intercaladas en la huerta.

3. La nutrición se lleva a cabo a través de las siguientes técnicas agroecológicas: composta y harina de rocas local. Se aplican 2 kg de composta por cada 50 kg de producción de naranja por árbol, mezclado con la harina de rocas local (roca amarilla) con la finalidad de remineralizar los suelos, microorganismos de montaña o microorganismos eficientes al 5-10%, biol magro, sin minerales de síntesis química, al 4-8% aplicado de forma foliar, caldo ceniza en porcentaje del al 2% junto con el magro, etc.

4. El manejo de plagas y enfermedades se trabaja potencializando la diversidad funcional en las huertas de naranja orgánica pues se reactiva el control biológico *in situ* o por conservación; es decir, que los insectos benéficos presentes hacen la regulación de aquellos que tienden a convertirse en plaga. Los impactos a nivel local, regional y nacional del proyecto de naranja orgánica-agroecológica en investigación-capacitación-acción y de difusión y transferencia, más sobresalientes que ha desarrollado la UACH a través del CIIDRI en el Norte de Veracruz, son:

- Papel relevante en el desarrollo de la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz, pues la Universidad Autónoma Chapingo, a través del CIIDRI, ha desempeñado un destacado papel que representa para el 2020, pasar de 1 productor a 310 productores, de cero organizaciones orgánicas a 8 organizaciones certificadas, de 16 ha a 1,339 hectáreas de naranja orgánica y de 300 toneladas a 12,716 toneladas de fruta certificada.
- Liderazgo en la organización para la comercialización de 8 organizaciones orgánicas en torno al trabajo del CIIDRI-UACH, con la firma de contratos organizaciones-industrias del jugo, fijando un precio mínimo de venta por tonelada de naranja orgánica.
- Coordinación de reuniones con otras experiencias exitosas con otros productores agroecológicos del Norte de Veracruz, en **“Reuniones de Faros Agroecológicos”**.
- Propuesta de una nueva guía para la producción de naranja orgánica y agroecológica, actualizando los trabajos del 2017, incluyendo tecnologías nuevas que se han desarrollado en 2018-2021.
- La recomendación para la utilización de micorrizas en el manejo de la producción agroecológica de naranja en el Norte de Veracruz, tecnología agroecológica que a la fecha nadie ha promovido en la región, a pesar de lo valioso de sus aportes en el fortalecimiento radicular y en la nutrición, como fijación de fósforo y otros minerales.
- Presentación de una propuesta de un conjunto de prácticas agroecológicas para reducir la caída de la fruta en proceso de maduración, de un 20% a solo 5% – 6%, evitando pérdidas económicas a los citricultores del Norte de Veracruz.
- Participación activa en los trabajos que condujeron a la construcción de la primer biofábrica de insumos agroecológicos en el Norte de Veracruz, ubicada con la cooperativa Citricultores Tihuatecos Asociados S.C. de R.L. de C.V. Inaugurada el día 27 de noviembre de 2020, en la comunidad Sebastián Lerdo de Tejada, Tihuatlán, Veracruz.

- Propuesta de capacitación y colaboración para el programa Sembrando Vida, iniciativa presentada, personalmente, ante el Secretario del Bienestar, C. Javier May Rodríguez, Subsecretario Lic. Hugo Raúl Paulín Hernández y el Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria - SADER, Ing. Víctor Suárez Carrera. La propuesta se titula “*Curso-taller intensivo para la producción de naranja agroecológica*”.
- Participación importante en coordinación con el Departamento de Agroecología, de una propuesta de normatividad para transitar de la producción orgánica a la producción agroecológica certificada considerando 12 indicadores agroecológicos, presentada ante el Secretario de Bienestar, C. Javier May Rodríguez y Subsecretario de la SADER Ing. Víctor Suárez García. También discutida en el pleno del Consejo Nacional de Producción Orgánica (tesis profesional, Lazcano, 2020).
- Elaboración del proyecto de investigación sobre glifosato “Sistematización de las experiencias de la sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz”, prioridad nacional de investigación según Decreto Presidencial del 31 de diciembre de 2020, publicado en el Diario Oficial de la Federación. En dicho proyecto asumimos, en la medida de lo posible, propuestas que permitan la erradicación del herbicida que tiene como ingrediente activo al glifosato. Para tal efecto, el Centro Investigaciones para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) plantea sistematizar las experiencias de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), de más de una década de trabajos en la citricultura orgánica del Norte de Veracruz.
- Presentación y aprobación del proyecto ante CONACYT “Capacitación con compromiso agroecológico, ecocondicionalidad y desbrozadoras para la sustitución del glifosato en naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en el norte de Veracruz” en *by pass* para su implementación.
- Los factores que retrasan los procesos de adopción de nuevas tecnologías se deben a que no son promovidos “desde abajo o por los actores locales”, la tecnología que se genera no está adecuada a las condiciones del productor, la política de precios es inadecuada, existe escasez de la fuerza de trabajo, abasto deficiente de insumos y otros (Castro, 2002; Altieri, 2009), por ello el CIIDRI continúa difundiendo en la región la innovación de naranja orgánica cubriendo las enseñanzas y las experiencias de otros procesos de transferencia similares como ONG’s grupo Vicente Guerrero en Tlaxcala, Red de Alternativas Sustentables Agropecuarias de Jalisco (RASA) (Grupo Vicente Guerrero, 2011; Morales 2011; citado por Reyes-Rosales *et. al*; 2014). Adicionalmente el éxito de la transferencia en la innovación de naranja orgánica se debe a que la investigación incluye el interés compartido por parte de los socios, una creencia en el poder/acción colectiva y un compromiso con la participación, la práctica de la humildad y el establecimiento de la confianza y la responsabilidad, como lo menciona Méndez *et. al*; (2018), esto nos permite poder adoptar un nuevo esquema de producción visualizando los beneficios y replicándolos en parcelas de los mismos productores o generando faros agroecológicos para que se puedan realizar estas experiencias en parcelas específicas (González y Guzmán, 2016) y luego contribuir en su posible masificación en la región.

CONCLUSIONES

La propuesta de la UACH se enfoca en poner al alcance de pequeños y medianos citricultores la innovación tecnológica de producir naranja orgánica con base agroecológica.

El plan de manejo agroecológico de las huertas no lo adoptan los productores en forma completa porque solo inician con las prácticas que tienen mayor impacto y luego continúan adoptando otras prácticas.

Cualquier propuesta de transferencia de innovación, requiere de un trabajo de la mano entre quien la promueve y de los productores, además de que debe tener continuidad de varios años.

Es necesario para el escalonamiento de la agroecología mostrar y documentar las experiencias exitosas.

En los procesos de innovación, difusión y transferencia de tecnología influyen mucho las características culturales, la aceptación por parte de los productores; así de como se implementen los procesos de enseñanza-aprendizaje y difusión.

La mayor importancia de la experiencia del proceso de difusión de la transferencia a productores radica en la conformación de nuevos faros agroecológicos, buscando que la producción de naranja agroecológica se extienda en todo el estado.

LITERATURA CITADA

- Altieri M.; Nicholls C. I. y R. Montalba. 2014. El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. En: LEISA. Vol. 30. No. 1. Marzo, 2014. Lima, Perú. pp. 5-8.
- Castro R.V.M. 2002. Manual para establecer parcelas demostrativas agrícolas y pecuarias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicación especial núm. 19. 33p
- González de Molina M. y Guzmán G. 2016. Sobre los orígenes andaluces de la agroecología en España y su contribución a la formación del pensamiento agroecológico. En. Agroecología. No. 11. 2016. Sevilla, España. pp. 105-116.
- Guzmán Casado, M. González de Molina E. y E. Sevilla. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible, Editorial Mundiprensa, Madrid, España, 535p.
- Gómez C. M. A.; Gómez T. L., Schwentesius R. R. Rodríguez N. O., Reyes R. R; Villatoro López M. O. 2021. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. CIIDRI-PEVU-Patronato Universitario-CLAC-Fair Trade-REDAC. Segunda edición. Chapingo, Estado de México.
- Lazcano Quintero D.M.2020. Norma técnica para la certificación agroecológica de productos orgánicos. Tesis de Ingeniería en Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- López López R. 2012. Entomófagos asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos con diferentes sistemas de manejo de arvenses en Papantla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Reyes-Rosales R.; Gómez C. M. A., Gómez T. L., Schwentesius R. R. 2014. Evaluación de la propuesta de desarrollo rural integral en la región Loxicha, Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
- Rossi. 2020. Antología atoxicológica del glifosato. Naturaleza de derechos. 5ta Ed. Argentina. Disponible en: <https://surcosdigital.com/wp-content/uploads/2020/04/Antologia-toxicol%C3%B3gica-del-glifosato-5-ed.pdf>
- Santiago Mendoza J. M. 2020. Primer Informe de Servicio Social en San Pablo, Papantla, Veracruz. CIIDRI. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola 2019. Consultado el 25 de febrero de 2021. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola 2020. Consultado el 25 de febrero de 2021. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>

CONTROL DE *Xylosandrus morigerus* Blanford DEL CAFETO CON EXTRACTOS VEGETALES

Mayra Martínez-Solís¹
Juan Manuel Garza-Hernández¹
Ernesto Toledo-Toledo¹
Francisco Javier Marroquín-Agreda¹
José Noé Lerma-Molina¹
Humberto Osorio-Espinoza¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV; Entronque Carretera Costera - Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP. 30660
maymaso19@hotmail.com

RESUMEN

Coffea canephora L. (Café Robusta) es una especie del género *Coffea*, originaria de los bosques ecuatoriales de África occidental, desde la costa oeste hasta Uganda y la parte sur de Sudán, lo mismo que de la parte de África occidental, entre las latitudes de 10° norte y 10° sur, en elevaciones desde el nivel del mar hasta 1000 metros de altura, el café es uno de los productos agrícolas más importantes en el mercado internacional y uno de los cultivos tropicales perennes con mayor área cultivada en el mundo (Inifap, 2011). Las ramas nuevas (hijuelos) las cuales usualmente son dejadas por los cafecultores ya que serán las nuevas productoras de granos de café y al poseer afectaciones en este caso la infestación del taladrador, hace que la rama se quiebre fácilmente, obstruyen los haces vasculares, es ahí donde la producción de café disminuye debido a la presencia del insecto. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el periodo de enero-marzo del 2019, con el objetivo de evaluar los diferentes tipos de extractos vegetales para el control de *Xylosandrus morigerus* Blanford, en el café robusta. Este estudio fue realizado en el Ejido de Ahuacatlan, municipio de Cacahoatan, Chiapas. Los tratamientos utilizados fueron: *Azadirachta indica* A. Juss, *Eugenia caryophyllus* L. y *Origanum vulgare* L., *Larrea tridentata*. El muestreo usado fue de bloques completos al azar, teniendo en cuenta los cuatro tratamientos y 5 repeticiones, en una hectárea de dos plantas de café robusta por tratamiento. Los resultados experimentales indicaron que las variables medidas, muestran diferencia estadísticamente significativa, siendo el tratamiento 2 *Origanum vulgare* L., el tratamiento 4 *Larrea tridentata*, una mejor influencia en tener un nivel de abandono en el insecto.

Palabras clave: Plagas, ramas, frutos

INTRODUCCIÓN

Este *Xylosandrus morigerus* taladrador ataca principalmente a las ramas verdes del café con diferente grosor ya que sus perforaciones son de 1.0 mm de diámetro. En la región del Soconusco se encontró que el número de frutos por ramas disminuyó conforme el número de perforaciones aumentó. De acuerdo con los cálculos realizados con una, dos y hasta tres perforaciones por rama se estarían perdiendo 6,12,18 y hasta 3 frutos (ECOSUR, 2001). Las ramas nuevas (hijuelos) las cuales usualmente son dejadas por los cafecultores ya que serán las nuevas productoras de granos de café y al poseer afectaciones en este caso la infestación del taladrador, hace que la rama se quiebre fácilmente, obstruyen los haces vasculares, es ahí donde la producción de café disminuye debido a la presencia del insecto. Sin embargo, muchos cafetaleros no le prestan la atención necesaria y tampoco tienen un producto en específico para combatir a dicha plaga.

La importancia de presentar este trabajo de investigación es dar una alternativa al productor, con sustancias más amigables al medio ambiente, usando extractos vegetales las cuales se usan para minimizar la aplicación de plaguicidas convencionales (químico sintéticos), estos ocasionan efectos adversos al medio ambiente, a la salud humana y obtener resultados satisfactorios en la utilización de dichas plantas que han demostrado tener efectos favorables en el control de insectos, actualmente existen más de mil plantas que son utilizadas como bio-insecticidas, resultan más económicos y al alcance de los productores de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar, teniendo en cuenta los cuatro tratamientos y 5 repeticiones.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos que se utilizarón en el experimento de Control de *Xylosandrus morigerus* del cafeto con extractos vegetales en Ahuacatlán, Chiapas.

	T1	T2	T3	T4
R1	R1T1	R1T2	R1T3	R2T2
R2	R1T4	R4T1	R4T2	R2T4
R3	R2T1	R3T4	R2T3	R3T2
R4	R3T3	R4T4	R4T3	R5T2
R5	R3T1	R5T4	R5T3	R5T1

Se recolectaron los materiales vegetales (hojas, frutos), del orégano se pusieron a secar en una estufa de secado a 65°C, se dejaron 24 horas, en el caso del clavo, fue comprado, con las hojas de neem el secado fue a la sombra durante una semana, con la finalidad de no mermar el contenido de alcaloides por su fotosensibilidad, el extracto de gobernadora ya es un producto orgánico elaborado por una empresa. Una vez obtenidas las muestras de cada estructura fueron procesadas en una licuadora, con el neem y orégano es de manera acuosa, hasta pasar por una malla de 2 mm, para una mayor filtración de las sustancias. En el clavo se usó alcohol de 70° que utilizó como disolvente, en seguida se vació en un recipiente, para después ser tapado, dejando reposar de 24-48 horas, para su concentración, todo fue aforado a un litro.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos que se utilizaron en el experimento de Control de *Xylosandrus morigerus* del cafeto con extractos vegetales en Ahuacatlán, Chiapas.

Tratamiento	Descripción	Dosis	Extracto (ml)
1	Extracto de clavo, testigo convencional	100 gl ⁻¹	25
2	Extracto de Orégano	30 gl ⁻¹	1.25
3	Extracto de Nim	20 gl ⁻¹	1.25
4	Extracto de Gobernadora	1.25 ml	1.25

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ramas infectadas

De acuerdo con los números de datos recabados (15/01/2020) en cada unidad experimental, se observó un numero distinto de ramas infectadas por *Xylosandrus*, y la recolección de datos de campo,

en los cuales se mencionó las fechas de cada muestreo y el comportamiento de ramas infectadas de cada unidad experimental. El día (14/03/2020) conforme a los datos antes mencionados, se observó que el número de ramas infectadas fue constante, no existió incremento ni disminución de las mismas. El análisis de varianza, nos indica una alta diferencia estadística significativa, donde podemos observar en la figura 1, que el tratamiento 1 clavo, muestra 5.8 ramas infectadas, que es superior al tratamiento 2 orégano, muestra 4.4 ramas infectadas y este superior estadísticamente a los dos siguientes Tratamiento 3 Neem, muestra 3.6 ramas infectadas y el tratamiento 4 Gobernadora, muestra 3.4 ramas infectadas.

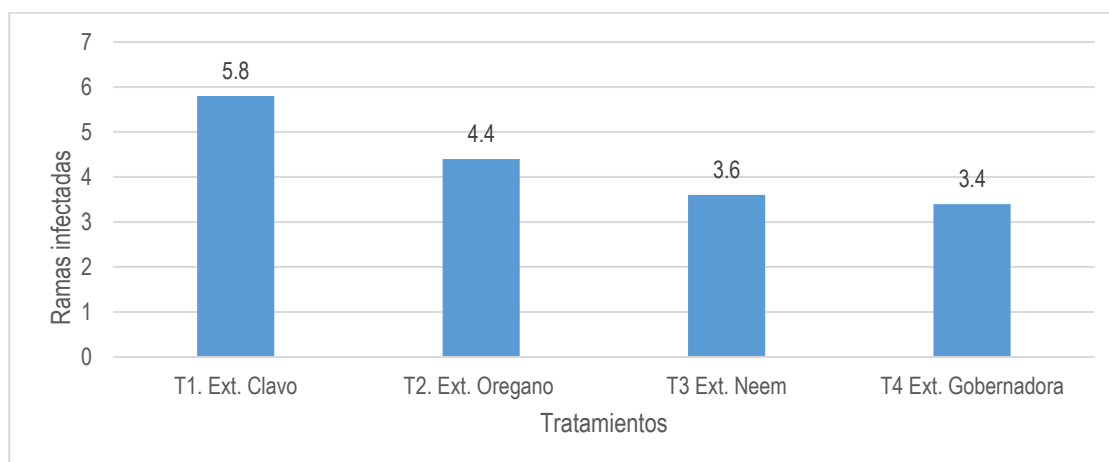


Figura 1. Ramas infectadas en el estudio Control de *Xylosandrus morigerus* Blanford del cafeto con extractos vegetales.

Cabe señalar que este muestreo de ramas infectadas de *Xylosandrus morigerus* del café, se hizo en el establecimiento del estudio, más no significa que exista una influencia de los tratamientos ya que de aquí se partió para la aplicación de los tratamientos en estudio, fue el número de ramas encontradas.

Vélez, A., R. (1972) indica que *X. morigerus* tiene particular importancia en Colombia, se cita atacando especialmente *Coffea canephora*, los daños se originan por la destrucción y necrosis de los tejidos internos de las ramas y brotes, durante la invasión, lo cual impide la circulación de la savia, ocasionando muerte de estos órganos. Si la muerte no ocurre, se reduce el rendimiento por efecto del daño sobre la floración y el desarrollo del fruto.

Porcentaje de Efectividad de los tratamientos en *Xylosandrus morigerus*

De acuerdo a los datos de campo donde se analizan los datos de la primera toma de muestra el porcentaje de infestación en el que se encontraban antes de los tratamientos (15/01/2020) al porcentaje final (14/03/2020), después de las aplicaciones de los tratamientos, de acuerdo al análisis de varianza nos indica que existe una diferencia estadística significativa entre tratamientos con una efectividad donde, podemos observar en la figura 2, que el tratamiento 1 clavo, muestra un 20%, existiendo una diferencia numérica con el tratamiento 2 orégano, muestra 43.75%, existiendo una diferencia numérica menor que el tratamiento 3 Neem, que muestra del 83.34%, existe una diferencia mayor en comparación con el tratamiento 4 Gobernadora, muestra 92.31%, de efectividad en las ramas de la planta de café por el *Xylosandrus morigerus*. considerando que este último tratamiento fue el que tuvo mejor influencia en el insecto, más altos que los tratamientos anteriores, seguido por tratamiento 3, Neem.

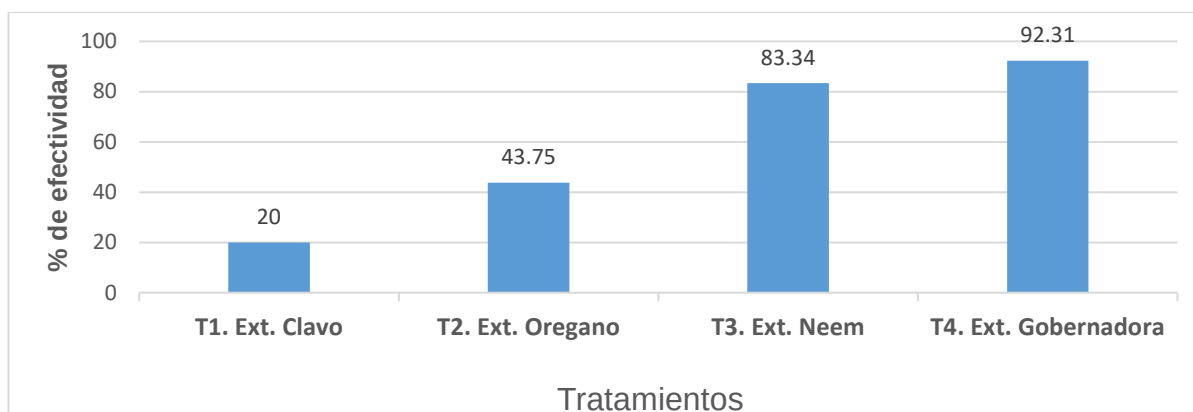


Figura 2. Porcentaje de Efectividad de los tratamientos en *Xylosandrus morigerus*, en el estudio Control de *Xylosandrus morigerus* Blanford del cafeto con extractos vegetales.

Los datos recolectados fueron en época de sequía, (diciembre 2019-marzo 2020), sin embargo, (Estrada, *et al* 2006). Redacta en una investigación realizada en el soconusco en el Rancho la Esperanza, Municipio de Tapachula, que durante los meses donde se presentan mayor precipitación octubre y noviembre, en el cual se obtiene mayor captura de individuos. (Páliz y Mendoza, 1993). Refieren a *X. morigerus* es una plaga que ataca con frecuencia a plantas sanas, sin embargo, se pueden observar ataques muy fuertes cuando los cafetales han sido debilitados por sequías y desnutrición.

El uso de trampas con metanol y etanol, las mismas que se usan para la broca del café, son recomendadas para detectar la presencia de este insecto. Tal es el caso del aceite de clavo, fue atractivo en condiciones de laboratorio y fue recomendado para muestrear al Taladrador, (Nakayama y Terra, 1986). Cabe destacar que a nivel campo, las condiciones no son tan controladas como en el laboratorio, por lo tanto, hubo menor captura/ efecto en los resultados.

Chahrazed Boutekedjiret (2008) y su equipo del Politécnico Nacional de Argelia, Han identificado 18 componentes en el aceite de orégano que combaten las plagas y han hallado que, a mayor concentración, más efectiva es su acción insecticida.

Estrada *et al.* (2007) indican que, por su gran espectro de acción, los bio insecticidas derivados del Nim, pueden ser usados en el combate contra un número variado de especies de insectos, ácaros y Fito nematodos que atacan las plantas cultivadas creando pérdidas considerables en las producciones. Bustamente y Sabillón (1995) manifiesta donde las parcelas donde se aplicó neem tuvieron mayor rendimiento. Este extracto protegió al cultivo del ataque de larvas perforadoras del fruto y de enfermedades que fueron las causantes de pérdidas.

Este insecto en la estructura de su cuerpo llamadas “mycangias”, la hembra transporta esporas del hongo *Ambrosiaemyces zeylanicus*, con quien mantiene una relación simbiótica, el cual comienza a crecer en las paredes de la galería (rama) a las pocas horas del ataque, este hongo, es la fuente de alimento de larvas y adultos (Páliz y Mendoza, 1993). El extracto de gobernadora o Bactrix, es un fungicida para uso agrícola, de acción por contacto y sistémico. Así mismo le dio resistencia a la planta de manera vigorosa, evitando un ataque severo por el insecto.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados anteriormente expuestos queda claro que es necesario desarrollar nuevos sistemas de manejo integrado basados en productos naturales de plantas, que reduzcan la dependencia de los productos sintéticos y, por tanto, menos contaminación ambiental.

El Tratamiento 4 gobernadora muestra 12.5 perforaciones en el total de ramas infectadas reflejando que fue el mejor tratamiento que tuvo una tendencia de mayor influencia sobre el *Xylosandrus morigerus* del café, por lo que se rechaza la hipótesis H1.

Se acepta la hipótesis H2, ya que el tratamiento 4, fue el que tuvo una mejor tendencia de mayor influencia sobre el *Xylosandrus morigerus* del café.

El tratamiento 3, Neem, fue superado por el tratamiento 4, gobernadora, en la efectividad de los tratamientos del talador, *Xylosandrus morigerus*, por lo tanto, se rechaza la hipótesis H3.

LITERATURA CITADA

- Barrera, *et al.*, 1996. El Taladrador de las ramas. El Colegio de la Frontera Sur, México. Proyecto Broca del Café. Folleto Técnico No. 2, 7 pp.
- Barrera, J.F., 2002. Tres plagas del café en Chiapas. El colegio de la Frontera Sur, México. 198 pp.
- ECOSUR. 2001. Proyecto Manejo Integrado de Plagas, Folleto Técnico número 2. Colegio de la Frontera Sur.
- Estrada Jesús, María T. López, Bárbara Z. Castillo y Niurka Puig. 2007. Bionsecticidas de Nim en la Agricultura Urbana. Agricultura Orgánica 3: 44-45.
- INEGI. 2010. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación.
- Nakayama, K. e P.S. Terra. 1986. Atratividade de substâncias e de ramos de cacaueiro sobre *Xylosandrus morigerus* (Blanford, 1894) (Coleóptera, Scolytidae). Revista Theobroma (Brasil) 16: 155- 160.
- Páliz S., V. y J. Mendoza M. 1993. Plagas del cafeto. En: Manual del cultivo del café. Pichilingue. GTZ. FUNDAGRO. Ecuador, p. 144-166.
- Vélez A., R. 1972. Aguacate y sauce: nuevos hospederos del pasador del cafeto, *Xylosandrus morigerus* Bland. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 27:78-81.

PLANTAS DE *Dahlia x hybrida* var. Fresco INOCULADAS CON UN HONGO MICORRIZICO ARBUSCULAR

Claudia García-Sánchez¹
Elda Araceli Gaytán-Acuña¹
David Jaén-Contreras¹
Alberto Enrique Becerril-Román¹
Fernando López-Morales²

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Eco Campus Valsequillo
claudia.garcia@colpos.mx

RESUMEN

En la producción de flores se utiliza ampliamente la fertilización química, pero una alternativa amigable con el ambiente puede ser la implementación de biofertilizantes, como los hongos micorrizicos arbusculares. Por ello, el objetivo de investigación fue evaluar el efecto de la inoculación de *Funneliformis mosseae* en *Dahlia x hybrida* var. Fresco. El experimento se estableció en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, y se emplearon plántulas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco Akiko®. En la inoculación se aplicaron 10 g de suelo con la presencia de 350 esporas del hongo micorrizico arbuscular *Funneliformis mosseae* y en la fertilización química se utilizó la fórmula 11-7-7 Scotts®. Las variables de estudio fueron altura de la planta, número de flores, índice de cosecha y porcentaje de colonización micorrizica en las raíces de las plantas de Dalia. Con los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. La aplicación del hongo micorrizico incrementó la altura de las plantas, el número de flores y el índice de cosecha, en comparación a las plantas en las cuales se realizó la fertilización química, y se registró una colonización del 68% en las plantas micorrizadas. Los resultados indican que la inoculación con el hongo micorrizico incrementó el crecimiento de las plantas de Dalia, y, por lo tanto, representan una alternativa en la producción de plantas de Dalia en maceta.

Palabras clave: Calidad, conservación, biofertilizante

INTRODUCCIÓN

La belleza de las flores de Dalia se cautiva por la diversidad de formas y colores. El cultivo de esta flor se remonta a la época del Imperio Azteca, donde se iniciaron los procesos de domesticación, modificando la inflorescencia sencilla por intermedias o dobles. Posteriormente, fue llevada al continente europeo y, a partir de 1818, se realizaron trabajos de mejoramiento genético que permitieron gran variación en tamaños, formas y colores. En México se encuentra la diversidad biológica del género *Dahlia* y en 1963 se declaró símbolo de la Floricultura Nacional, y el cuatro de agosto se estableció como el "Día nacional de la Dalia". Actualmente existen 41 asociaciones internacionales de la Dalia interesadas en su cultivo y difusión, tales como: La Asociación Mexicana de la Dalia, La sociedad Nacional de la Dalia en el Reino Unido, La sociedad Americana de la Dalia, entre otras (Mera *et al.*, 2008).

Los trabajos de investigación realizados en México se han enfocado al mejoramiento genético, selección y muy poco a la producción. Específicamente, en nutrición, los estudios, mayoritariamente se han hecho en el extranjero (Bhattachrjee y Mukherjee, 1983). En este caso se optó por la aplicación de un hongo micorrizico, el cual coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta,

llegando a ser fisiológica y morfológicamente parte de la raíz. El hongo desarrolla un micelio externo que actúa como un sistema radical complementario y, también como una barrera física altamente efectiva para proteger a la planta de los hongos patógenos. Además, con la formación de antibióticos eficientes protege químicamente contra el desarrollo de nematodos y hongos patógenos (Koltai, 2010).

Los estudios en otras plantas de ornato como cefirante (*Zephyranthes sulphurea*), fresia (*Fressia x hybrida*) y en Queen Fabiola (*Brodiaea laxa*), han mostrado que la inoculación con hongos micorrizicos arbusculares incrementa el número de flores, la biomasa del sistema radical y de la parte aérea (Scagel, 2003a; 2003b). Así, en consonancia con las tendencias actuales, las flores producidas de manera ambientalmente limpia, tienen cada vez mayor demanda en los mercados externo e interno, lo cual impulsa la necesidad de producir con criterios de respeto al ambiente. Para ello, se deben propiciar técnicas alternativas en la floricultura con enfoques de sustentabilidad y calidad ambiental (Gomora *et al.*, 2005), como es la implementación de biofertilizantes, mediante la utilización de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) (Koltai, 2010).

No obstante, a que México es el lugar de origen de la Dalia, a nivel internacional es aparentemente, más conocida y apreciada por la gran variedad de formas y colores, así como a su largo periodo e intensidad de floración. Lo anterior se repite en cuanto a trabajo científico sobre la Dalia, en México es muy reducido en comparación con lo que se ha realizado a nivel internacional, sin embargo, no se encontró algún trabajo de investigación realizado sobre la fertilización orgánica con hongos micorrizicos arbusculares, por ello, el objetivo de investigación fue evaluar el efecto de la inoculación de *Funneliformis mosseae* en plantas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en 2014 en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, estado de México, situado a 19° 28' N y 98° 47' O, a una altitud de 2240 m. El clima es templado de altura con lluvias en verano, precipitación promedio total anual de 772.25 mm, la temperatura promedio anual es de 15°C, clasificado por Köppen y modificado por García (1988) como un Clima C (w₀) (w) b (i') g.

Se emplearon plántulas de Dalia (*Dahlia x hybrida* var. Fresco), provenientes del invernadero "Plántulas de Tétela", Cuernavaca, Morelos, las cuales ya presentaban dos pares de hojas verdaderas. Las plántulas con su cepellón fueron trasplantadas a bolsas negras de polietileno de 35 x 35 cm, se empleó una mezcla de tierra negra esterilizada, en autoclave a 120°C por tres horas, peat moss Premier® y agrolita en una proporción (1:1:1 v/v). En el trasplante las plántulas de Dalia se inocularon con 350 esporas de *F. mosseae*. Y en la fertilización química se utilizó el 11-7-7 Scotts®.

El muestreo se llevó a cabo durante el periodo de floración plena, y se realizaron diez repeticiones por tratamiento y se evaluaron las siguientes variables: altura de la planta, diámetro de tallo, número de flores por planta, biomasa, índice de cosecha (Barriga, 1974) y porcentaje de colonización micorrizica en las raíces de las dalias (Trejo *et al.*, 2008). Con los datos obtenidos se aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la inoculación del hongo micorrizico *F. mosseae* se obtuvieron plantas de Dalia de mayor altura con 40.6 cm, diámetro de tallo con 10.9 mm y el mayor número de flores, con 23 por maceta. La biomasa de las flores fue de 10 g y la biomasa total fue de 38.9 g, superando estadísticamente los resultados

que se observaron con la fertilización química (Cuadro 1). Y aunque el índice de cosecha fue mayor con la aplicación de *F. mosseae* (26%), no mostró diferencia significativa con respecto a la fertilización química (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la fertilización orgánica con el hongo micorrizico arbuscular *Funneliformis mosseae* y la fertilización química, en las plantas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	N° de flores por planta	Biomasa (g)		Índice de cosecha (%)
				Flores	Total	
Testigo	35.8 b	7.1 b	6.2 c	3.2 b	15.8 b	21.1 a
F. orgánica	40.6 a	10.9 a	23.7 a	10.1 a	38.9 a	26.4 a
F. química	36.2 b	8.2 b	11.3 bc	3.8 b	28.0 ab	14.0 a

F. orgánica = Fertilización orgánica con *F. mosseae*; F. química = Fertilización química con 11-7-7 Scotts®. Los valores de cada una de las variables de estudio son medias, y aquellos con la misma letra no son diferentes significativamente de acuerdo a la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); $n = 10$.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan por lo reportado en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) la cual se inoculó con *Glomus constrictum*, y se observó un aumento significativo en la altura de las plantas. De manera similar, en lili (*Lilium* sp.) la aplicación de *Glomus fasciculatum* proporcionó un mayor diámetro de tallo (Rubí et al., 2009). En zinnia (*Zinnia elegans*), gerbera (*Gerbera jamesonii*), cempasúchil (*Tagetes erecta*) y crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) inoculadas con hongos micorrizicos, se incrementó el número de flores (Soroa, 2007; Soroa-Bell et al., 2009; Vaingankar y Rodrigues, 2012). En zinnia (*Zinnia elegans*) y en boca de dragón (*Antirrhinum majus*) la biofertilización con *Glomus mosseae* y *Glomus deserticola* incrementó la biomasa (Liang-Kun et al., 2010; Asrar et al., 2012).

Finalmente, en este estudio se registró una colonización micorrizica de 68% en las raíces de las plantas de Dalia inoculadas con *F. mosseae*. En otras especies de flores como en *Tagetes erecta* se registró una colonización de 87%, en *Petunia hybrida* de 85% (Gaur y Adholeya, 2005). Soroa et al. (2003) y Soroa-Bell et al. (2009), reportaron el 58% de colonización micorrizica en gerbera con *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, respectivamente.

Estos beneficios se asocian a un mayor sistema radical, dado por las hifas micorrizicas, que exploran un mayor volumen de suelo y obtienen los nutrientes de las fuentes menos solubles, por tanto, se tiene mayor absorción de estos (Sohn et al., 2003). Mohr, (1995) indica que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis y que además está influenciado por la disponibilidad de nutrientes. Los resultados obtenidos en la presente investigación, muestran que el desarrollo de las plantas de Dalia, seguramente está en proporción a la mayor absorción de nutrientes que realizan los HMA.

CONCLUSIÓN

Con la biofertilización se produjeron plantas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco de mayor calidad morfológica, reflejo del buen funcionamiento fisiológico, como resultado de la inoculación micorrizica, por lo cual, se recomienda el uso como un biofertilizante en la producción de Dalia en maceta.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACyT), por la beca concedida para realizar los estudios en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

LITERATURA CITADA

- Asrar, A. A., Abdel-Fattah, G. M., and Elhindi, K. M. 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. *Photosynthetica*, 50(2): 305-316.
- Barriga, P. 1974. Índice de cosecha en trigo de primavera. *Agro Sur*, 2(1): 17-20.
- Bhattacharjee, S. K., and Mukherjee, T. 1983. Influence of nitrogen and phosphorus on growth and flowering of *Dahlia*. *Punjab Horticultural Journal* 23: 111-115.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México, D.F.: Offset Larios S. A.; p. 217.
- Gaur, A., and Adholeya, A. 2005. Diverse Response of Five Ornamental Plant Species to Mixed Indigenous and Single Isolate Arbuscular- Mycorrhizal Inocula in Marginal Soil Amended with Organic Matter. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 707-723.
- Gomora, J. A., Sánchez, J. C., Pacheco, V. F., Pavón, T. B., Adame, S., y Barrientos, B. 2005. Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, estado de México; p. 10.
- Koltai, H. 2010. Mycorrhiza in floriculture: difficulties and opportunities. *Symbiosis*, 52: 55-63.
- Liang-Kun, L., Yao, Q., Yong-Heng, H., Rui-Heng, Y., Guo, J., and Hong-Hui Z. 2010. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on zinnia and the different colonization between *Gigaspora* and *Glomus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26: 1527-1531.
- Mera, L. M., Mejía, J. M., Bye, R., Laguna, A., Espinosa, A., y Treviño, G. 2008. *Diversidad de dalias cultivadas*. Tlalnepantla, estado de México: Publicación de difusión #3; p. 49.
- Mohr, H., and Schopfer, P. 1995. *Plant physiology*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; p. 629.
- Rubí, M., Olalde, V., Reyes, B. G., González, A., y Aguilera, L. I. 2009. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium sp.* cv Orange Pixie. *Agricultura Técnica en México*, 35(2): 201-210.
- Scagel, C. F. 2003a. Inoculation with arbuscular mycorrhizal Fungi alters nutrient allocation and flowering of *Freesia x hybrida*. *Journal of Environmental Horticulture*, 21(4): 196-205.
- Scagel, C. F. 2004b. Changes in cutting composition during early stages of adventitious rooting of miniature rose altered by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(5): 624-634.
- Sohn, B., Kim, K., Chung, S., Kim, W., Park, S., Kang, J., Rim, Y., Cho, J., Kim, T., and Lee, J. 2003. Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 98: 173-183.
- Soroa, M., Soto, F., and Terry, E. 2007. Crecimiento de posturas de *Gerbera jamesonii* establecidas con diferentes alternativas nutricionales. *Cultivos Tropicales*, 28(4): 41-49.

- Soroa, M., Cortez, S., y Hernández, A. 2003. Estudio del efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre algunas variables de crecimiento y rendimiento en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus. Cultivos Tropicales, 24(2): 15-17.
- Soroa-Bell, M., Hernández-Fernández, A., Soto-Carreño, F., y Terry-Alfonso, E. 2009. Identificación de algunas especies de microorganismos benéficos en la rizósfera de gerbera y su efecto en la productividad. Revista Chapingo Serie Horticultura, 15(2): 41-48.
- Trejo, D., Zuleta, R., y Lara, L. 2008. Manual de prácticas para el estudio de la simbiosis micorrizógena arbuscular. Primera edición. Universidad Veracruzana; p. 138.
- Vaingankar, J. D., and Rodrigues, B. F. 2012. Screening for efficient AM (arbuscular mycorrhizal) fungal bioinoculants for two commercially important ornamental flowering plant species of Asteraceae. Biological Agriculture and Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems, 28(3): 167–176.

OBTENCIÓN DE UN SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA (*Vanilla planifolia*)

Delfino Reyes-López¹
Uriel Rechy-Rodríguez¹
Fermín Pascual-Ramírez²
Luis Antonio-Domínguez¹
Fabián Vásquez-Cruz¹
Carmela Hernández-Domínguez¹
Fernando López-Morales³

¹Facultad en Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Universidad Nacional Autónoma de México

³Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), *Eco Campus* Valsequillo
delfino.reyes@correo.buap.mx

RESUMEN

Las plantas de vainilla presentan un sistema radicular superficial y los nutrimentos que necesitan lo toman de la materia orgánica que produce la hojarasca de los tutores donde se desarrollan, o del sustrato que los productores fabrican. Sin embargo, existe poca información técnica-científica relacionada a los sustratos que se deben utilizar para el buen desarrollo de las plantas y asegurar buenos rendimientos por unidad de superficie. El objetivo del presente trabajo fue obtener un sustrato con buenas características físicas y químicas para el cultivo de vainilla. Se elaboraron cinco sustratos a base de bocashi y arena donde la arena presentó una variación de 10 a 40% en las mezclas, las cuales constituyeron los tratamientos, se determinó Da, pH, CE, CIC, M.O y C/N, de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT – 2000. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados indican que el contenido de arena en los sustratos utilizados para vainilla modificó las propiedades físicas y químicas ya que se encontró que el pH y Da es mayor al aumentar el porcentaje de arena en los sustratos. Sin embargo, la CE, CIC, M.O. y C/N disminuye al aumentar el contenido de arena. Fue el tratamiento dos (90% bocashi y 10% arena) el que resultó como el más aceptable para el cultivo de vainilla, debido a que sus características de Da, CE, CIC, y relación C/N fueron aceptables.

Palabras clave: *vanilla*, bocashi, sustratos

INTRODUCCIÓN

La incorporación de residuos de plantas a los suelos es un importante contribuyente a la fertilidad de estos y la sustentabilidad. El uso de las prácticas agronómicas que involucran la incorporación de residuos ha crecido de manera importante a lo largo del mundo (Kutlu *et al.*, 2018) por ejemplo el uso de residuos verdes y residuos de cosecha, incrementan la fijación de carbono, mejoran las propiedades hidráulicas de los suelos y reducen la erosión y, potencialmente contribuyen a reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Liebig *et al.*, 2012).

Existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato (Hartmann y Kester, 2002). Sin embargo, desde el punto de vista medioambiental los criterios más importantes para la elección de un material como sustrato en cultivos sin suelo son: su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Ortega-Martínez *et al.*, 2010). Los abonos orgánicos más comunes son; el bocashi, la

composta, las tierras fermentadas, la vermicomposta, y los extractos vegetales, los cuales requieren de un proceso de elaboración. Hay abonos verdes y rastros, que aportan propiedades nutritivas al suelo, estos solamente deben de ser incorporados después de las cosechas. El compostaje es una técnica de tratamiento para materiales orgánicos, un proceso de fabricación para productos del suelo, un método de reciclaje de materia orgánica y el proceso de compostaje, las altas temperaturas y el movimiento del aire dan lugar a la evaporación, lo que generalmente disminuye el contenido de humedad de la composta con el tiempo (Stoffella y Kahn, 2004).

La vainilla es originaria de México (Región del Totonacapan) y Centroamérica, es uno de los géneros dentro de la familia Orchidaceae que produce frutos comestibles. La vainilla es un bejuco epífita de flores amarillas verdosas, su fruto es capsular, en forma de ejote, mide de 15 a 20 cm de largo (Soto, 2009), su sistema radicular presenta dos tipos de raíces, las que brotan de los nudos introducidos en la tierra, denominadas primarias, y las secundarias o adventicias que brotan de los nudos de la parte aérea (Castro, 2008). El sistema radicular de la vainilla se desarrolla de forma superficial en la materia orgánica en descomposición. Este sustrato es la principal fuente de nutrientes para la vainilla (Hernández y Lubinsky, 2011), además, debe proveer condiciones físicas adecuadas como aireación, retención de agua, temperatura y control de malezas, las cuales son críticas para el buen crecimiento y funcionamiento de la raíz (Sarma *et al.*, 2011).

En estado natural, esta planta se desarrolla en la hojarasca del bosque. En los cultivos extensivos, el sustrato orgánico más común ha sido el producto de podas de árboles tutores (Hernández, 2011); sin embargo, se han observado buenos resultados con la aplicación de otros materiales como vermicompost, cáscaras de coco, hojarasca de Neem, cenizas de madera, harina de huesos, hojas secas (Anilkumar, 2004), bagazo de caña y paja de arroz (Zhou *et al.*, 2011).

En la actualidad no existen trabajos científicos sobre las características físicas y químicas de sustratos que mejor respondan a las necesidades agronómicas del cultivo de vainilla y potencialicen su rendimiento, es por eso que la presente investigación, se elaboró con el objetivo de aportar elementos para la determinación de sustratos apropiados para el desarrollo del cultivo de vainilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual está ubicada en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, que se localiza en la parte Noroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son latitud 19° 87' 63" y -97° 36' 72" de longitud, a una altura de 1613 m.s.n.m. con un clima templado húmedo, con lluvias todo el año (CONABIO, 2018).

Para obtener el sustrato base se utilizó composta tipo bocashi la cual se elaboró con la técnica recomendada por Roman *et al.*, (2013), el bocashi se secó a la sombra y tamizó con la finalidad de eliminar partículas mayores a 0,50 mm que determina un cambio importante y altamente significativo sobre la relación humedad-aire, ya que presentan una óptima capacidad de retención de humedad (Morales- Maldonado y Casanova-Lugo, 2015).

El sustrato arena se obtuvo de la región, el cual se tamizó para eliminar las partículas mayores a 2,0 mm (gravas) y las menores de 0,05mm (limos y arcillas). La fracción arenosa se sumergió en cloro al 1% por un día y finalmente se lavó con agua para eliminar el exceso de carbonatos de calcio (Segura *et al.*, 2008) y después secarla al sol.

Se realizó una mezcla de nueve kilogramos, la relación fue en base a peso (Cuadro 1), donde el sustrato arena se adicionó a las muestras de bocashi con su respectivo porcentaje y se mezcló el contenido.

Cuadro1. Tratamientos elaborados con bocashi y arena.

Tratamiento	Bocashi (%)	Arena (%)
T ₁	100	0
T ₂	90	10
T ₃	80	20
T ₄	70	30
T ₅	60	40

Se determinaron las propiedades de densidad aparente (DA), pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de materia orgánica y relación carbono nitrógeno (C/N), de acuerdo con la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-SEMARNAT-2000 en el laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la BUAP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad aparente (Da)

En el Cuadro 2, se presenta la densidad aparente (Da) en los 5 tratamientos, se puede observar que presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Fue el tratamiento cinco el que presentó la mayor Da con $0.756 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, seguido por el tratamiento 4, 3 y 2 con 0.696 , 0.653 y $0.600 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ respectivamente, y fue el tratamiento uno con la menor Da. Bunt (1988) menciona que el contenido de arena en los sustratos puede modificar su Da. En el presente trabajo se puede observar que la Da aumenta con forme aumenta la cantidad de arena en los diferentes tratamientos utilizados. No se encontró Da específica para el cultivo de vainilla. Sin embargo, García *et al.*, (2001) reportó una Da de $0.61 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ utilizando composta de jardinería más arena en una relación de 1:1 y $0.56 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ en cascarilla de arroz más arena en relación 1:1.

Cuadro 2. Densidad aparente en sustratos para el cultivo de vainilla.

Tratamiento	Da ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
5	0.756 a
4	0.696 ab
3	0.653 bc
2	0.600 c
1	0.510 d

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Da: densidad aparente; $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$: miligramo por metro cúbico. Potencial de hidrógeno (pH).

Se puede observar (Cuadro 3), que no hubo diferencias estadísticas significativas en los cinco tratamientos ($p \leq 0.05$). Los trabajos realizados con referencia al pH y su efecto sobre el cultivo de vainilla, son escasos. Sin embargo, Morales (2013) midió el pH en los sustratos utilizados en huertos comerciales de vainilla en localidades de Veracruz y Puebla, el cual vario de 6.97 a 7.8. Los valores de pH en el presente trabajo oscilan alrededor de 8 para los cinco tratamientos, por lo tanto, se puede considerar altamente alcalino (Prieto-García *et al.*, 2007). Por otro lado, Baixauli y Aguilar (2002) mencionan que el pH óptimo de un sustrato orgánico debe estar entre 5.5 a 6.8 para que la planta

obtenga los nutrientes asimilables. Van *et al.*, (2009) y Stoffella y Kahn (2004) indicaron que la escala de los valores de pH encontrados en sustratos, son determinados por los materiales dominantes que se utilizan en el proceso de fabricación de dichos sustratos. En el presente trabajo, los materiales dominantes fueron residuos de cosechas de maíz, malezas, estiércol de ovino y arena, lo que generó alto contenido de materia orgánica, por lo que se tuvo un pH alcalino.

Cuadro 3. pH en sustratos para el cultivo de vainilla.

Tratamiento	pH
4	8.073 a
5	8.070 a
3	8.040 a
2	8.003 a
1	7.996 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), pH: Potencial de hidrógeno.

Conductividad eléctrica (CE)

Los resultados para la CE, muestran que, en los sustratos, el tratamiento uno resultó estadísticamente diferente a los demás ($p \leq 0.05$). Los tratamientos 2, 3, 4, y 5 resultaron ser idénticos (Cuadro 4). Sin embargo, numéricamente el tratamiento 4 fue mayor con 3.516 dS (desiemenes), seguido por el tratamiento 2 y 3 con 3.490 y 3.176 dS respectivamente, y fue el tratamiento 5 con la menor CE con 3.060 dS. En general los sustratos orgánicos se comportan en el rango óptimo de CE de 1.2 a 3.5 dS (Molina, 2011). La CE de los sustratos analizados en la presente investigación resultaron ser altos y se observa una tendencia a bajar la CE del sustrato al aumentar la cantidad de arena que se le suministra. El tratamiento 1 resultó con mayor CE debido a que en su composición fue 100% de bocashi, este resultado coincide con lo que reporta Pérez *et al.* (2008), quienes mencionan que el responsable de presentar valores altos en la determinación de CE en sustratos orgánicos es el contenido de materia orgánica.

Cuadro 4. Conductividad eléctrica en sustratos para el cultivo de vainilla.

Tratamiento	CE (dS)
1	5.143 a
4	3.516 b
2	3.490 b
3	3.173 b
5	3.060 b

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). CE: conductividad eléctrica; dS: decisiemenes.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En relación a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Cuadro 5) no se encontraron, diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Sin embargo, numéricamente los tratamientos 1 y 2 presentaron el mayor intercambio catiónico con 60.757 y 64.137 y $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente. La CIC disminuyó al aumentar el contenido de arena en los sustratos. Según Abad *et al.*, (2004) mencionan que una óptima CIC en sustratos debe ser mayor a 20 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$. Los resultados indican que los sustratos estudiados superan el rango óptimo de CIC, así mismo Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) mencionan que tener un intercambio catiónico alto, será el potencial del sustrato para retener nutrimentos tales como Ca, Mg, K y Na.

Cuadro 5. Capacidad de intercambio catiónico en sustratos para el cultivo de vainilla.

Tratamiento	CIC (meq·L ⁻¹)
2	64.137 a
1	60.757 a
4	56.653 a
3	54.187 a
5	49.027 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

CIC: capacidad de intercambio catiónico; meq·L⁻¹: miliequivalentes por litro.

Materia orgánica (M.O.)

En el contenido de materia orgánica (M.O.), se observó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) donde los tratamientos 1 y 2 resultaron con mayor contenido de materia orgánica con 15.764 y 12.98% de M.O respectivamente, el tratamiento 5 fue el que presentó la menor cantidad de M.O. con 10.308% (Cuadro 6). En general se observa que el porcentaje de M.O. disminuyó al aumentar el contenido de arena en los sustratos. Stella *et al.* (2008) mencionan que en sustratos orgánicos un porcentaje óptimo de M.O. debe ser de un 30% con el fin de que se realice una mineralización adecuada, los resultados de la presente investigación se pueden considerar bajos. Dalzell (1991) menciona que la retención de humedad en los sustratos aumenta con alto contenido de M.O. e influyen en la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuadro 6. Contenido de materia orgánica en sustratos para el cultivo vainilla.

Tratamiento	M.O. (%)
1	15.764 a
2	12.987 ab
3	11.311 b
4	11.006 b
5	10.308 b

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

M.O.: materia orgánica.

Relación carbono nitrógeno (C/N)

La relación carbono nitrógeno no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Sin embargo, resultó una tendencia a disminuir el contenido de C/N al aumentar la proporción de arena en los sustratos (Cuadro 7). Soto y Meléndez (2004) coincidieron en mencionar que en un sustrato a base de bocashi debe existir una relación C/N entre 11 y 15 para que se encuentre estable.

Cuadro 7. Relación carbono-nitrógeno (C/N) en sustratos para el cultivo de vainilla.

Tratamiento	C/N
1	13.832 a
2	11.777 a
3	10.704 a
4	10.393 a
5	9.153 a

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

C/N: relación carbono nitrógeno.

Esta situación pudo observarse en los tratamientos 1, 2 y 3; sin embargo, fueron los tratamientos 4 y 5 los que contienen mayor contenido de arena y que relativamente presentaron los menores valores de la relación C/N. La tendencia de la relación carbono nitrógeno coincide con el comportamiento del contenido de M.O., ya que al aumentar la materia orgánica aumenta la relación C/N.

El contenido de arena en los sustratos utilizados para vainilla modificó las propiedades físicas y químicas ya que se encontró que el pH y Da aumenta al aumentar el porcentaje de arena, en los sustratos. Sin embargo, la CE, CIC, M.O. y C/N disminuye al aumentar el contenido de arena.

CONCLUSIONES

La caracterización físico-química de los sustratos evaluados para el cultivo se encuentra aceptables en la mayoría de las propiedades analizadas.

El porcentaje de arena modificó las propiedades físicas y químicas ya que se encontró que el pH y DA aumenta al aumentar el porcentaje de arena, en los sustratos. Sin embargo, la CE, CIC, M.O. y C/N disminuyen al aumentar el contenido de arena.

El sustrato compuesto por 90% bocashi y 10% arena, resultó el más adecuado para el cultivo de vainilla, debido a que presentó mejores propiedades físico-químicas, aptas para el desarrollo del cultivo de vainilla.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M., M. P. Noguera y B. C. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Anilkumar, A. S. 2004. Vanillacultivation, a profitableagri-basedenterprise. Kerala Calling: 26-30 p.
- Baixauli, S. C. y O. J. M. Aguilar. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y experiencias. Série Divulgación Técnica. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca yAlimentación. Valencia, España. 107 p.
- Berrospe-Ochoa, E. A., V. M. Ordaz-Chaparro, M. de las N. Rodríguez-Mendoza y R. Quintero-Lizaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. Rev. Chapingo Ser.Hortic. 18: 141-156.
- Bunt, B. R. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Springer Netherlands. 309 p.
- Castro, B. G. 2008. Evaluación del cultivo y producción de vainilla en la zona de Papantla, Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 93 p.
- CONABIO. (Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). 2018. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Consultado el 17 de abril de 2018.
- Dalzell, H. W. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos de la FAO 56.
- García, C. O., G. G. Alcántar, R. I. Cabrera, R. F. Gavi, y H. V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en macetas. Terra Latinoamericana 19: 249-258.
- Hartmann, H. and Kester D. 2002. Plant propagation. Principles and practices. Prentice Hall. NewJersey. 880 p.

- Hernández, H. J. 2011. Mexican Vanilla Production. D. Havkin-Frenkel y F. C. Belanger, eds. Handbook of vanilla science and technology. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Hernández, J. y P. Lubinsky. 2011. Cultivation Systems. E. Odoux y M. Grisoni, eds. Vanilla. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles. CRC Press, Boca Raton, Florida. 369 p.
- Kutlu, T., A. K. Guber, M. L. Rivers, A. N. Kravchenko. 2018. Moisture absorption by plant residue in soil. *Geoderma*. 316: 47-55.
- Lal, R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil and Tillage Research*. 43: 81-107.
- Liebig, M. A., A. J. Franzluebbers, and R. F. Follett. 2012. Agriculture and Climate Change: Mitigation Opportunities and Adaptation Imperatives. Managing Agricultural Greenhouse Gases: Coordinated Agricultural Research Through Gracenet to Address Our Changing Climate. pp. 3-11.
- Molina, E. 2011. Análisis de sustratos agrícolas e interpretación de resultados. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 10 p.
- Morales, A. M. A. 2013. Contenido nutrimental en compostas, hojas y frutos de Vainilla (*Vainilla planifolia*) en huertos de producción de la región del Totonacapan. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.
- Morales-Maldonado, E. R., F. Casanova-Lugo. 2015. Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agron.Mesoam*. 26: 365-372.
- Ortega-Martínez, L. D., J. Sánchez-Olarte, J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro, B. A. Salcido-Ramos, y F. Manzo-Ramos. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*. 6: 339-346.
- Pérez, A., C. Céspedes y P. Núñez. 2008. Caracterización físico-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 8: 10-29.
- Prieto-García, F., C. C. A. Lucho, V. H. Poggi, S. M. Álvarez, y E. E. Barrado. 2007. Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del distrito de riego 03, Valle de Mezquital, Hidalgo, México. *Ciencia Ergo Sum*. 14: 69-80.
- Román, P., M. M. Martínez, A. Pantoja. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 112 p.
- Sarma, Y. R., J. Thomas, B. Sasikumar y S. Varadarasan. 2011. Vanilla Production in India Pp 296-312. In: Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles. CRC Press, Odoux. E. M. Grisoni, eds. Vanilla. Boca Raton, Florida.
- Soto, A. M. A. 2009. Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género Vainilla. Reporte, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- Soto, G., G. Meléndez. 2004. Como medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 72: 91-97.
- Stella, R. A., F. E. Rosales, C. J. Romero, Romero, M. I. Jiménez, R. Jiménez, O. Acuña, P. Tabora, R. Segura, L. E. Pocasangre y M. Villalobos. 2008. Estandarización de enmiendas orgánicas para banano en América Latina y el Caribe. ACORBAT. Brasil.

- Stoffella, J. P., B. A. Kahn. 2004. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Mundi-Prensa. 414 p.
- Van, E. N., H. J. H. de Boer, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede, L. Brussaard. 2009. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biol. Fertil. Soil.* 45: 595-608.
- Zhou, H., Y. Wang, X. H. Wang, and D. Chen. 2011. Vanilla producción in China. In E. Odoux y M. Grisoni, eds. *Vanilla. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 369 p.

LAS ORGANIZACIONES CAFETALERAS Y SU RELACIÓN CON LA APROPIACIÓN DE VALOR

Yuridia Medina-Hernández¹
Obeimar Balente Herrera-Hernández¹

¹El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas
yumedinah@gmail.com
obalente@ecosur.mx

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue identificar la relación entre el nivel de consolidación de organizaciones y la apropiación de valor. Para este propósito se entrevistaron a productores de diferente nivel organizativo: sin organización, grupos de trabajo, organizaciones emergentes y consolidadas. Todas las entrevistas se realizaron en la Sierra Madre de Chiapas. Se identificó una relación directa positiva entre el nivel de consolidación de las organizaciones y la apropiación de valor, así los socios de las organizaciones consolidadas reciben en promedio un 25% más por su café respecto a un productor sin organización. Pero para llegar a ello, los socios y socias de organizaciones consolidadas tienen que superar varios años y retos en los niveles intermedios de organización donde se dan pocas diferencias respecto al precio pagado a productores desorganizados.

Palabras clave: modos de vida, tipología de organizaciones, pago a socios

INTRODUCCIÓN

Entendemos a los modos de vida como “el conjunto de prácticas materiales y simbólicas que articulan procesos específicos de producción y reproducción de una sociedad” (De Martino, 2003: 12). Los modos de vida incluyen a los medios de vida (lo que tenemos), entendidos estos como los recursos utilizados por los grupos domésticos para poder vivir día a día y alcanzar sus propósitos del futuro inmediato. Los medios de vida que ponen en juego las familias pueden ser conocimientos y habilidades individuales (**capital humano**), tierra y agua (**capital natural**), ahorros e infraestructura (**capital financiero y físico respectivamente**), así como relaciones de colaboración entre las familias y comunidades, formales e informales que ayudan en los proyectos que se están llevando a cabo (**capital social**) (Herrera *et al.*, 2016).

De la perspectiva diagnóstica de los modos de vida se han realizado diferentes estudios (Parra *et al.*, 2006; Pat, 2007), pero poco se ha analizado con una perspectiva dinámica en relación con los capitales clave que permite la complementariedad y diferenciación de los medios y modos de vida en los territorios cafetaleros.

El capital social es considerado por varios autores (Atria *et al.*, 2003; Eakin *et al.*, 2005) como el activo con mayor capacidad de influir en los otros capitales, en la estrategia y los resultados de los modos de vida de las familias. Centrando la mirada en la capacidad del capital social planteamos la pregunta ¿Cuál es la relación entre el nivel de consolidación de las organizaciones y la apropiación de valor? En este sentido el objetivo de la presente publicación es identificar la relación entre el nivel de consolidación de organizaciones y la apropiación de valor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los municipios de Ángel Albino Corzo y La Concordia, ubicados en la Sierra Madre de Chiapas. El clima de esta zona, de acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por García en 1978, es templado húmedo con lluvias abundantes en verano C (m)(w). Las cuales son condiciones óptimas para la producción de café. La temperatura de la región se mantiene entre los 18 y los 22°C. En las partes más altas de la Sierra la temperatura baja a un rango entre los 12 y los 18°C (INEGI, 2017).

Se aplicaron entrevistas para la evaluación de capacidades organizacionales con base en los criterios propuestos por Herrera y Parra (2011): años de la organización, evolución en número de socios, inclusión social, gestión democrática de la organización, infraestructura para el procesamiento, apropiación de valor, diversificación productiva, acceso a financiamiento. Variables que fueron cuestionadas a 30 socios de una cooperativa consolidada, a 2 directivos de una organización emergente, a 1 representante de un grupo de trabajo, del mismo modo que 7 a productores sin organización. En total se aplicaron 40 entrevistas. Las entrevistas se realizaron en la temporada de primavera-verano, desde mayo a julio de 2021.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio de caso del Triunfo, Sierra Madre de Chiapas, se identificó que la organización consolidada Comon Yaj Noptic SPR de RL vende en un 90% café procesado a oro y con diferenciación orgánica-comercio justo en el mercado internacional. El 10% lo vende como tostado y molido en el mercado nacional. Café en pergamino y cereza venden todas las organizaciones restantes: la organización emergente Café Capitan Luis A. Vidal, la organización GIAT La Suiza y los productores sin organización.

Por su parte, los grupos de trabajo y los productores sin organización venden café sin ningún valor agregado: pergamino o cereza, cultivado de manera convencional, al intermediario local o en el mejor de los casos al centro de acopio de las transnacionales regionales (Ver figura 1).

En el trabajo de campo identificamos que lo(a)s socio(a)s de la organización consolidada venden pequeñas cantidades de café pergamino y cereza a los coyotes locales. El café en mención es el que fue cortado sin maduración completa (pintón) o verde y/o el que tuvo mal beneficio húmedo. Lo que implica que no lo reciben en la organización.

La Comon tiene compromisos de venta de café con puntajes de calidad en taza por arriba de 80 puntos, por lo que realizan análisis físico y catación de todos los lotes recibidos por comunidad. En líneas generales y por lo descrito en párrafos anteriores, se establecen las relaciones de productor individual que maneja de manera convencional el cafetal y vende café cereza o pergamino a coyotes regionales, sin exigencia de calidad. Mientras que los productores organizados de manera autogestiva realizan buenas prácticas en el cafetal, venden en oro verde la mayor parte de su producción a clientes internacionales y sólo una pequeña cantidad tostado molido en el mercado nacional, con crecientes niveles de calidad establecidos en los contratos.

En consecuencia, se identifica una interrelación positiva entre el progreso en nivel de organización (capital social) con la apropiación de valor (capital financiero), las prácticas para asegurar calidad y las prácticas de manejo sustentable de los agroecosistemas cafetaleros (capital natural).

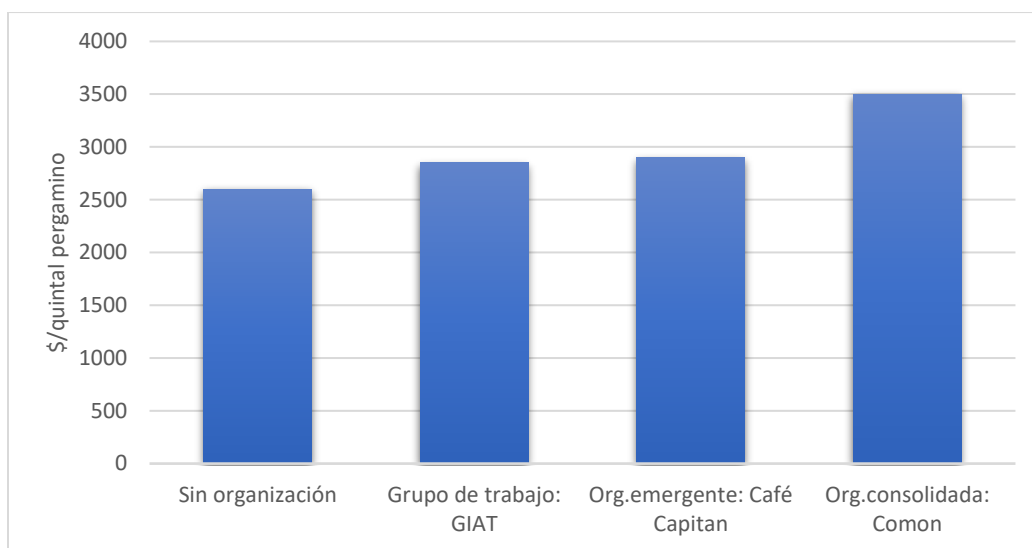


Figura 1. Nivel de consolidación de organizaciones y apropiación de valor en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México.

La información generada y sistematizada nos permite identificar dos grandes tipos de productores fruto de la interrelación capital social y apropiación de valor. El primero establecido y dinamizado por pequeños productores con reducido o nulo nivel organizativo, sin financiamiento, con café cultivado con poca o nula sombra, que venden a intermediarios locales o regionales sin ningún valor agregado, por lo que reciben el menor precio base. Este tipo de productor está respaldado por normatividad y estructura de la cadena productiva del café en México y según Guerrero y Herrera (2020) representa el régimen agroindustrial. Frente al régimen agroindustrial se configura un segundo tipo de productor que ha conformado colectivos consolidados, con café cultivado bajo sombra y buenas prácticas de manejo de cafetal condicionadas por las certificaciones externas, con apropiación de valor por diferenciación orgánica-comercio justo, valor agregado a oro para exportación y tostado y molido en mercado nacional, por calidad en taza. Estos productores y sus organizaciones tienen acumulación de capacidad social, humano y capital producido de largo plazo, que han constituido un nicho de mercado.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo sugieren que el capital social tiene una interrelación directa con la apropiación de valor. Ya que, al tener un nivel de organización, mejoran, se apropian del valor que pueden obtener, las practicas que aseguran el aumento de la calidad en taza y las prácticas de manejo sustentable de los agroecosistemas cafetaleros.

Desde las primeras organizaciones productoras de café orgánico existentes en el país, ha venido desarrollándose una estructura de funcionamiento en busca del éxito productivo, de certificación y comercialización del aromático.

Además, que los grupos organizados han logrado conformar el capital social porque han fortalecido en el transcurrir del tiempo la toma de decisiones y movilizar recursos y estrategias en beneficio común del grupo.

Las organizaciones forman parte elemental para el desarrollo de capacidades de los productores de café, ya que además de encargarse de buscar el mercado con mejores precios que les permitan tener

un mayor margen de ganancia, sino también les permite desarrollar una estrategia para detectar en que parte de la cadena de valor se pueden reducir costos e implementar otra opción. Así como también, juega un papel muy importante, ya que apoyan en la generación de actividades grupales y la capacidad de obtener un lugar más ventajoso en comparación con productores que no están organizados.

LITERATURA CITADA

- Atria, R., ME Siles, I Arriagada, LJ Robison, S Whiteford. 2003. Capital social y reducción de la pobreza en América Latina: en busca de un nuevo paradigma. CEPAL, Michigan State University. 588 p.
- De Martino B. 2003. Modos de vida en un mundo global. Transformaciones en el mundo del trabajo desde una perspectiva de género. Boletín Electrónico Surá 62:89.
- Eakin, H., C. Tucker y E. Castellanos. 2005 Market Shocks and Climate variability. Mountain Research and Development 25 (4): 304-309.
- García, E.1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*.Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.71pp.
- Guerrero y Herrera. 2020. La transición nicho-régimen, el caso del comercio justo, aportes desde organizaciones de pequeños productores de café de México. Organizações Rurais e Agroindustriais, Lavras Vol. 22, No. 2.
- Herrera, O. y M. Parra. 2011. Alternativas productivas y de mercado para el desarrollo rural en la zona cafetalera de los Altos de Chiapas. Informe para el proyecto 116306: Innovación socioambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad de la frontera sur de México (REDISA), CONACYT. 42 p.
- Herrera, O., M. Parra, J. Hernández, D. Gallardo, A. Carrillo, P. Gutiérrez, A. Cruz, M. Olivo, D. Pérez, J. Morales. 2016. Modos de vida e innovación territorial para el fortalecimiento de la armonía comunitaria "Stalel cuxlejalil soc yachil lecubtesel ta sjoylejal lum quinal ta yipintesel te spajlrjal o'tanil ta comonaletic". 1a ed. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 160 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 736 p. www.inegi.org.mx (20 de julio de 2021).
- Parra-Vázquez M.R., O. B Herrera-Hernández y M. H. Huerta-Silva. 2013. Modos de vida en el medio rural chiapaneco. pp109-118.En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Pat L. 2007. Modos de vida y seguridad alimentaria de los mayas de Campeche.pp 128-167. En: Memoria Concurso redSAN 2007.Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO) e Iniciativa América Latina y Caribe Sin Hambre. Colegio de la Frontera Sur, Chiapas. México.

RESPUESTA DEL JITOMATE A LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO E HIDROPONIA

Luis Mario Tapia-Vargas¹
Anselmo Hernández-Pérez¹
Adelaida Stephany Hernández-Valencia²

¹Campo Experimental Uruapan-INIFAP
²Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha-TecNM
tapia.luismario@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo de jitomate (*Lycopersicum esculentum* L.), tiene una gran demanda y su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la elaboración de alimentos. La agricultura orgánica es la alternativa de sostenibilidad y manejo óptimo de los recursos que garanticen un futuro mejor. El objetivo de este trabajo fue evaluar un programa de nutrición integral con fertilizantes orgánicos, en el cultivo de jitomate bajo invernadero y su efecto en calidad y rendimiento de fruto. El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Uruapan del INIFAP. Los tratamientos fueron combinaciones de productos orgánicos (fertilizante orgánico, ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos y aminoácidos libres) en comparación a una fertilización convencional como testigo (Triple 16+ME). Las variables evaluadas, fueron: en fruto (tamaño, rendimiento por planta, número, firmeza y grados brix. En planta (altura de planta y diámetro de tallo) y Estado nutrimental (concentración de N-NO₃ y K en extracto celular de peciolo y N-NO₃, P y K en solución del suelo). El diseño experimental fue completamente al azar con 12 repeticiones, donde cada planta fue una repetición, se realizó prueba de separación de medias de Tukey al 5%, para comparar los efectos entre tratamientos. Los resultados indican que el manejo orgánico produce un efecto positivo en las variables económicas como peso, tamaño, firmeza y rendimiento de fruto, donde todos los tratamientos superan claramente al testigo de manera significativa, en relación con el vigor del cultivo y la nutrición el efecto fue menor pues la nutrición química produce mejor nutrición y mayor disponibilidad de nutrientes, pero esto no se reflejó en una mayor productividad económica. Se recomienda efectuar el manejo orgánico para mayor calidad de fruto y mayor rendimiento económico.

Palabras clave: Fertilización orgánica, *Lycopersicum esculentum* L. y agricultura protegida

INTRODUCCIÓN

El cultivo del jitomate (*Lycopersicum esculentum* L.), es originario de México, aún existen materiales silvestres en las montañas bajas del país y representan reservas genéticas para programas de mejoramiento genético de características deseables, como resistencia a enfermedades, color de fruto, contenido de carotenoides, tamaño, consistencia y resistencia al transporte (Álvarez *et al.*, 2003). Esta hortaliza presenta una gran demanda y su importancia radica en que posee cualidades como alimento funcional por su alto contenido de antioxidantes como el licopeno entre otras cualidades organolépticas. El principal estado productor de México es Sinaloa con el 26% de la superficie sembrada total, que asciende a nivel nacional a 48,000 hectáreas (SIAP, 2017).

Estas cifras representan un aliciente para mejorar la tecnología de producción implementando técnicas de cultivo avanzadas como infraestructura, riego localizado, variedades y prácticas nutricionales que provean mayor sanidad del cultivo y permitan expresar su potencial de rendimiento (Moreno *et al.*, 2014), una de estas opciones es el uso de mejores productos para la nutrición y de manera orgánica

con menor impacto ambiental puede proveer al cultivo de jitomate de mejores condiciones para expresar un alto potencial de rendimiento.

La producción de jitomate orgánico bajo condiciones de invernadero es una opción para producir fruto ambientalmente saludable, sin afectaciones de plagas ni el uso de agroquímicos que contaminan el ambiente (Escobar - Lee, 2009), de esta manera se planteó este trabajo con el uso de nutrientes orgánicos y sin el uso de pesticidas por tratarse de cultivo en invernadero.

El objetivo general de la presente investigación fue: Evaluar un programa de nutrición integral con fertilizantes orgánicos, en el cultivo de jitomate bajo invernadero e hidroponía, así como su efecto en calidad y rendimiento de fruto. Los objetivos específicos fueron a) Determinar el efecto nutricional integral a partir de nutrición orgánica en el desarrollo, amarre, crecimiento y rendimiento de fruto de jitomate, b) Evaluar el efecto en la productividad del cultivo y las variables que inciden en la calidad, crecimiento, firmeza y rendimiento de fruto, c) Cuantificar el efecto de los productos orgánicos en la asimilación y concentración de nutrientes en hojas y frutos. Bajo la siguiente hipótesis: el manejo orgánico del jitomate, bajo condiciones de invernadero y con riego tecnificado puede ser una opción que iguale la respuesta en nutrición, calidad y rendimiento de fruto del manejo convencional del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México. Geográficamente el municipio de Uruapan se encuentra ubicado entre el paralelo 19° 12 latitud norte y entre los meridianos 101° 28 a 102° 22 de longitud oeste. Presenta topografía accidentada con una altitud de 1620 a 2360 m.s.n.m; donde su precipitación pluvial se distribuye de junio a octubre y con presencia de lluvias extemporáneas denominadas cabañuelas de enero a marzo, la precipitación varía según su altitud, con una medida anual de 1600 mm en localidades bajas y 2000 mm para zonas altas.

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Donde se cuenta con un invernadero experimental que tiene las siguientes dimensiones: 3.5 m de altura, 12 m de largo y 4 m de ancho, construido de aluminio, fibra de vidrio, piso de cemento rustico con una pendiente del 2%. Esta acondicionado con un sistema de fertirriego, el cual opera con una presión de 1.5 kg/cm², las mangueras con goteros tipo dan 2000, cada gotero da una tasa de lluvia de 8 L/hora, también cuenta con tubos de PVC y válvula de control de inyección.

Se evaluaron diversas variables agrupadas en 3 grupos principales: a) Fruto (tamaño, número, firmeza, grados Brix° y rendimiento), b) Planta (altura de planta y diámetro de tallo) y c) Estado nutricional en planta (N-NO₃ y K en peciolo) y en solución del suelo (N-NO₃, P y K). Los tratamientos se aplicaron directamente a la zona radicular y al follaje del cultivo con aspersora de motor en diversos intervalos (Cuadro 1). El contenido nutricional foliar se evaluó en hojas de un mes de edad la más reciente madura del brote terminal por medio de la técnica de extracto celular del peciolo (ECP) y el análisis de la solución del suelo con tubos de succión (chupatubos), se analizó con ionómetros Horiba® específicos para N-NO₃ y K (Tapia *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la evaluación de la fertilización orgánica de jitomate en invernadero.

Tratamiento	Descripción	Intervalos de aplicación	Dosis L/200 agua
1	Fertilizante orgánico (2-1-7+ME)	Todo el ciclo, cada 8 días.	1 L
	Ácidos húmicos y fúlvicos 25%	Etapas de crecimiento, cada 15 días al suelo.	0.500 L
	Microorganismos activos	Al trasplante, cada 8 días al suelo.	0.250 L
	Aminoácidos libres	Prefloración, floración y fructificación cada 15 días foliar.	0.500 L
	Hidrolita	Al trasplante durante la primera etapa del cultivo.	2 L
2	Fertilizante orgánico (2-1-7+ME)	Todo el ciclo cada 8 días	1 L
	Aminoácidos libres	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días.	0.500 L
	Quelato de Ca y B al 11.5%	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días.	0.250 L
	Gluconato de Cu	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días.	0.250 L
	Fosforo y potasio orgánicos	Segunda etapa en adelante vía foliar cada 15 días	0.250 L
	Adherente orgánico	Segunda etapa en adelante	0.250 L
3	Fertilizante orgánico (2-1-7+ME)	Todo el ciclo cada 8 días	1 L
	Aminoácidos libres	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días	0.250 L
	Gluconato de cobre	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días.	0.250 L
	Quelato de Ca y B al 11.5%	Floración, prefloración y fructificación cada 15 días.	0.250 L
	P y K orgánicos.	Segunda etapa en adelante vía foliar cada 15 días	0.250 L
Testigo	Fertilizante convencional Triple 16 + ME	3 veces por semana	300 ppm

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y 10 repeticiones. Los análisis estadísticos de las variables consideradas en los puntos anteriores se realizaron con SAS (Statistical Analysis System) versión 2007. Se efectuó la prueba de separación de medias con Tukey al 5% para las variables consideradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables más importantes del cultivo son las relacionadas con el rendimiento de fruto, pues tiene que ver con los beneficios económicos que el productor recibe a cambio de su cosecha.

Producción de fruto

Se encontraron diferencias estadísticas en la variable número de frutos totales, donde todos los tratamientos rebasaron al testigo en un 100%. Mientras que en la variable rendimiento de fruto el tratamiento número tres fue el que presentó un mejor resultado al aumentar en 42.98% en comparación al testigo, sin embargo, estadísticamente resultó igual al tratamiento dos. Para la variable peso medio del fruto se registró como mejor tratamiento el número tres con una diferencia del 138.16% por encima del tratamiento testigo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables relacionadas con el rendimiento en Jitomate con diferente manejo nutricional bajo invernadero.

Tratamiento	Número de frutos total	Rendimiento de fruto (g/planta)	Peso medio de fruto (g)
1	15.9 b	533.3 b	93.6 bc
2	17.4 b	983.1 a	138.1 ab
3	18.4 b	1230.4 a	151.2 a
Testigo	29.2 a	860.5 ab	63.5 c
Tukey 5%	9.9	381.8	50.8

Nota: valores con la misma letra o sin letra no son estadísticamente diferentes.

Los importantes resultados obtenidos en jitomate donde el manejo orgánico tuvo mejor desempeño que el manejo químico fueron también obtenidos por Vila (2017), quien indica que las adiciones de abonos orgánicos incrementan la calidad y el rendimiento de fruto, mientras que Murillo *et al.* (2016), mencionan que la nutrición orgánica del jitomate puede producir mayor tamaño de fruto, ambas situaciones se presentaron en este trabajo ya que tanto el rendimiento como un mayor peso se obtuvieron con el manejo orgánico del cultivo. Con respecto a los valores encontrados de rendimiento de fruto orgánico. Mientras que Rangel *et al.*, (2011), encontraron rendimientos similares a los aquí reportados.

Calidad de fruto

En la variable diámetro longitudinal de fruto, los tratamientos dos y tres resultaron estadísticamente similares, sin embargo, fueron mayores que el testigo en un 64.84 y 70.38% respectivamente. Para el diámetro ecuatorial el tratamiento tres resultó ser el mejor al incrementar en un 54.43% por encima del testigo. Los grados Brix° fueron mejores para el tratamiento testigo, debido a que los demás tratamientos quedaron por debajo con 30% en promedio. Sin embargo, Rangel *et al.* (2011), encontraron una relación directamente proporcional entre el tamaño del fruto y la concentración de grados brix, por lo que tamaños más pequeños pueden acumular un mayor porcentaje de dulzura. Para la firmeza de fruto, el mejor tratamiento fue el número dos al incrementar esta variable en un 48.67% más que el testigo (Cuadro 3).

Las variables de calidad también son altamente perseguidas por el productor, sobre todo las relacionadas con el aspecto del fruto, pues el consumidor prefiere los jitomates más grandes y con mayor firmeza, esas características fueron capaces de proporcionar los fertilizantes orgánicos en comparación al testigo. Rangel *et al.*, (2011), a diferencia de este trabajo determinaron que la fertilización orgánica produce menor tamaño de fruto.

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables relacionadas con la calidad en Jitomate con diferente manejo nutricional bajo invernadero.

Tratamiento	Diámetro longitudinal de fruto (mm)	Diámetro ecuatorial de frutos (mm)	Grados brix de frutos (%)	Firmeza de frutos
1	55.184 b	50.387 b	5.8 b	6.505 c
2	63.125 a	54.256 ab	5.3 b	14.5917 a
3	65.247 a	56.434 a	5.5 b	10.7 b
Testigo	38.292 c	36.549 c	7.9 a	7.4958 c
Tukey 5%	6.34	5.31	1.21	2.48

Nota: valores con la misma letra o sin letra no son estadísticamente diferentes.

Contenido nutrimental del cultivo

En el extracto de peciolo se detectó la concentración más alta de N-NO₃ y de K por parte del tratamiento testigo, este resultado coincide con lo reportado por Rangel *et al.*, (2011), ya que obtuvieron resultados en concordancia con los aquí reportados, donde el tratamiento químico también tuvo una mayor concentración de N-NO₃ que los tratamientos orgánicos con una diferencia de 30 al 300% de concentración nutricional, mientras que en este trabajo la diferencia es de 50 al 200%, lo que indica que presentan una mejor aportación nutricional. Mientras que en la solución del suelo la acumulación del N-NO₃ se encontró más concentrada en el tratamiento testigo. El fósforo se encontró en concentración más alta para el tratamiento tres y el tratamiento testigo que estadísticamente resultaron similares. Para la concentración de Potasio se encontró mayor concentración en el testigo (Cuadro 4). La baja concentración tanto en extracto celular como en la solución del suelo, contrasta con las demás variables, debido a que se presentó mayor asimilación de los nutrientes en los tratamientos orgánicos.

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables relacionadas con la disponibilidad nutricional en solución del suelo en Jitomate con diferente manejo nutricional bajo invernadero.

Tratamiento	N-NO ₃ (ppm)	K (ppm)	N-NO ₃ (ppm)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
Extracto Celular de Peciolo			Solución del suelo		
1	520.5 ab	4100 b	9.727 b	1.0386 ab	85.9 b
2	517.8 ab	5016 b	8.227 b	0.6809 b	60.4 b
3	385.3 b	4500 b	12.818 b	1.6936 a	96.0 b
Testigo	790.0 a	6316 a	85.182 a	1.6991 a	234.6 a
Tukey 5%	292.2	979.1	19.4	0.9	37.9

Nota: valores con la misma letra o sin letra no son estadísticamente diferentes.

Vigor y desarrollo del cultivo

La altura de planta fue mayor en el tratamiento tres con un promedio de 48.91 cm, que correspondió al 16.17% más que el testigo, por lo que la nutrición orgánica estimuló más el crecimiento vegetal. El grosor de tallo fue similar estadísticamente para todos los tratamientos, mientras que el número de flores fue mayor en el tratamiento testigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables relacionadas con la morfología en Jitomate con diferente manejo nutricional bajo invernadero.

Tratamiento	Altura de planta de Jitomate (cm)	Grosor de tallo de Jitomate (mm)	Número mediodo flores de jitomate
1	41.3 ab	4.1 a	0.71 b
2	37.2 b	4.1 a	1.50 ab
3	48.9 a	4.7 a	1.78 ab
Testigo	42.1 ab	4.4 a	1.89 a
Tukey 5%	9.70	0.74	1.11

De acuerdo con los resultados de Latef - Chaoxing (2011), encontraron que la fertilización biológica con micorrizas incrementa la densidad radicular el crecimiento del tallo y el área foliar, lo cual coincide con lo reportado en este trabajo donde la altura de planta fue mejor con la nutrición orgánica provista de un producto provisto de microorganismos activos. Por su parte, Evheraguibel *et al.*, (2008), también encontró un mayor crecimiento del tallo con el uso de nutrientes orgánicos, por lo que se comprueba lo obtenido en este trabajo respecto al mayor vigor y crecimiento del cultivo con fertilización orgánica.

CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis planteada en el sentido de que el manejo orgánico del jitomate en invernadero y riego tecnificado es una opción viable competitivamente para aumentar la calidad del fruto y nivel nutricional, al ser comparada con un testigo con fertilización química convencional.

Los programas de nutrición integral con fertilizantes orgánicos en jitomate bajo invernadero e hidroponía presentaron un mejor desempeño que el testigo en calidad y rendimiento de fruto.

El crecimiento, vigor y desarrollo del jitomate fue mejor con los productos orgánicos que con el manejo convencional químico.

La productividad del cultivo y las variables que inciden en la calidad y firmeza del fruto tuvo un mejor desempeño en el manejo orgánico que en el tratamiento convencional.

La nutrición del cultivo fue mejor en el tratamiento testigo, así como en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, M., Moya, C., Florido, M., y Plana, D. 2003. Resultados de la mejora genética del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y su incidencia en la producción hortícola de cuba. *Cultivos Tropicales*, 24(2), 63-70.
- Escobar, H., and Lee, R. 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J., and Morard, P. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource technology*, 99(10), 4206-4212.
- Latef, A. A. H. A., and Chaoxing, H. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, antioxidant enzymes activity and fruit yield of tomato grown under salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 228-233.

- Moreno-Pérez, E. C., del Castillo, F. S., Blancas, C. M. E., Vásquez, S. A., González-Molina, L., y Montalvo-Hernández, D. 2014. Huerto comercial hidropónico: una alternativa de producción de hortalizas en invernadero. *Agroproductividad*, 7(1), 21-28.
- Murillo, R. A. L., Pérez, J. J. R., Cunuhay, K. A. E., Murillo, M. V. L., Quintana, F. V. L., Mero, M. V. C., y Rodríguez, J. C. G. 2016. Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*, L)/effect of different organic fertilizers on the production of tomato (*Solanum lycopersicum*, L). *Biotecnia*, 18(3), 33-36.
- Rangel, P. P., Hernández, M. F., García-Hernández, J. L., Puente, E. O. R., Rivera, J. R. E., Herrera, A. L., y Vidal, J. A. O. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*, 36(9), 689-693.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). 2017. Información estadística de los cultivos. SAGARPA. México, D.F. Recuperado el 20 de septiembre de 2017. www.sagarpa.gob.mx/siap.
- Vargas, L. M. T., Ponce, H. R. R., Fernández, I. V., Guzmán, A. L., Santos, M. E. P., y Basurto, J. H. 2010. Complementos nutricionales para el rendimiento y nutrición del cultivo de melón con fertirriego y acolchado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 5-15.
- Vila Herrera, M. A. 2017. Producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en tres densidades de siembra y con cuatro fuentes de Materia Orgánica.

EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN LA NUTRICIÓN Y DESARROLLO DEL AGUACATE

Adelaida Stephany Hernández-Valencia¹

Luis Mario Tapia-Vargas²

Anselmo Hernández-Pérez²

Antonio Larios-Guzmán²

¹Instituto Tecnológico Superior P'urhépecha-TecNM

²Campo Experimental Uruapan-INIFAP

tapia.luismario@inifap.gob.mx

RESUMEN

El aguacate, frutal de importancia para Michoacán, que convierte a México en el principal exportador a nivel mundial. Los suelos de Michoacán presentan deficiencias nutrimentales, sin embargo, los fertilizantes minerales causan degradación ambiental, mientras que la nutrición orgánica puede complementar o sustituir la nutrición 100% mineral. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad del biofertilizante Nutrihum en aguacate, en variables productivas. El trabajo se estableció en El Rosario, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, en un huerto de 9 años, sembrado a 7 x 7 m con la variedad Hass. Los tratamientos 1, 2 y 3 se aplicaron mensualmente en tres niveles del fertilizante orgánico (2, 4 y 6 litros/ha vía suelo) + (1.0 L/ha vía foliar), en el tratamiento 4 se aplicó la micorriza *Glomus intraradices* (1.0 kg/ha al suelo) y tratamiento 5 (fertilización convencional). El diseño experimental fue bloques al azar con 8 repeticiones y un árbol como unidad experimental. Se marcaron cuatro ramas/árbol. Los datos evaluados fueron: número de flores, frutos cuajados y tamaño canica, largo de brote, longitud, diámetro, rendimiento y componentes del fruto, semilla y pulpa. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS® y se efectuó comparación de medias de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados indicaron que los tratamientos orgánicos producen mayor número de flores por rama, mayor cuajado y fruto canica que el testigo, en vigor y rendimiento de fruto, el testigo resultó no significativo para los tratamientos orgánicos, en peso promedio de fruto y pulpa se presentó superioridad de los tratamientos orgánicos en relación al testigo. Se concluye que los productos orgánicos Nutrihum y el tratamiento con micorrizas (INIFAP), presentan en general un desempeño aceptable, ya que tuvieron valores de sus características agronómicas iguales y en algunos casos superiores a la fertilización 100% química.

Palabras clave: Nutrición, Fructificación y micorrizas

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) ha cobrado suma importancia, debido a la derrama económica que dicha actividad genera a la cadena de productores, comercializadores, industrializadores, proveedores de insumos y la mano de obra para la producción. La demanda de este fruto se ha incrementado en 26 países dentro del tratado de Libre comercio de América del Norte, así como China y países miembros del bloque de la Unión Europea entre otros.

En el 2018 se reportó que Michoacán alcanzó la cifra de 158 mil 804 hectáreas plantadas de aguacate y derivado de las más de millón y medio de toneladas obtenidas de la producción del aguacate, el estado de Michoacán es el principal abastecedor de esta fruta, al aportar más del 80% de la producción nacional; México es por mucho el primer productor mundial con un volumen mayor a 1.64 millones de toneladas (SIAP 2017). En el estado de Michoacán de Ocampo solo más de 6,000 hectáreas

sembradas corresponden a superficie certificada como orgánica según (Tapia *et al.*, 2014), estas cifras muestran que la producción de aguacate orgánico es limitada. El cultivo del aguacate ha ido en aumento en las últimas décadas, sin embargo, el costo de fertilizantes se ha incrementado considerablemente debido a la gran demanda mundial, según datos de la FAO hace medio siglo se aplicaban 17 millones de toneladas y en la actualidad la demanda se ha incrementado ocho veces más (FAO, 2017), en aguacate, el costo de producción ha aumentado un 25% y de ello un 15% corresponde a los productos fertilizantes (Torres, 2014), es por ello que surge la necesidad de volver a sistemas de producción que abaraten costos, conserven la fertilidad del suelo, se produzcan alimentos inocuos y sea respetado el medio ambiente.

Además, en las últimas décadas se ha originado un creciente interés en la búsqueda y utilización de biofertilizantes para la producción agrícola que reflejen una alternativa para promover el crecimiento, desarrollo y productividad, así como, de sustituir o reducir los niveles de fertilización química. Actualmente, los países con mayores superficies de agricultura orgánica son Australia, Argentina, Italia, Estados Unidos entre otros (FAO, 2017). Datos de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) indican que México cuenta con 210 mil productores, con 673 mil 968 hectáreas de cultivo orgánico certificadas con posición número tres a nivel mundial, y 1.2 millones de hectáreas de recolección silvestre con certificación, que sitúa al país en el quinto lugar internacional (SADER, 2020).

"La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en el empleo de prácticas de gestión prefiriéndolas respecto al empleo de insumos externos a la finca, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requerirán sistemas adaptados localmente. Esto se consigue empleando, siempre que sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos, para cumplir cada función específica dentro del sistema" (Comisión del Codex Alimentarius, 1999).

Con base en el anterior principio mencionado y a la importancia que tiene el cultivo de aguacate así como el impacto que el uso de fertilizantes sintéticos pueden provocar al degradar las condiciones agroecológicas de los huertos agrícolas, el objetivo principal de la presente investigación fue: evaluar la efectividad biológica del biofertilizante Nutrihum y del biofertilizante a partir de la micorriza *Glomus intraradices* en el desempeño agronómico del aguacate en cuanto al desarrollo vegetativo, calidad del fruto y los componentes del fruto, y generar información técnica relacionada con la respuesta del cultivo en rendimiento y calidad de fruto bajo nutrición orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, que se localiza al oeste del estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°08' de longitud oeste. Se encuentra a 1880 msnm. Limita al norte con Uruapan, al sur con Parácuaro y Gabriel Zamora y al oeste con Peribán y Tancítaro. Su distancia a la capital del estado es de 135 km. Presenta suelos profundos, de textura franco-arenosa de color pardo claro. Con un clima templado húmedo C (W2) (W) oscila entre los 6° y 25°C, abundantes lluvias en verano y menores en invierno y alcanza una precipitación pluvial anual promedio de 1,500 milímetros cúbicos. Se trabajó en un huerto comercial denominado "El Rosario" con árboles de aguacate cv. Hass de 9 años de edad con una densidad de 7 x 7 m, con suelo andosol y una ladera de 10% de pendiente.

Los tratamientos a evaluar fueron tres niveles del producto Nutrihum (humus líquido de lombriz, *Elsenia foetida*, enriquecidos con residuos de pescado), un fertilizante biológico a base de *Glomus intraradices*

y un testigo con base en el manejo convencional de fertilización (Cuadro 1). Respectivamente por un periodo de siete meses, haciendo una aplicación por mes, dando inicio en la temporada de floración y hasta el desarrollo del fruto tamaño limón. Fueron contabilizadas las flores, frutos tamaño cerillo, tamaño canica, se midió la longitud del brote, el rendimiento de fruto y finalmente se cortaron 10 frutos por árbol para evaluar los componentes, semilla y pulpa.

Para realizar la distribución de los tratamientos, se seleccionaron 8 árboles por cada tratamiento y al azar se realizó la distribución de estos, se señalaron con un listón de plástico cuatro ramas de cada árbol, en los puntos cardinales con la finalidad de ubicar las ramas que serán evaluadas.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la evaluación de fertilización orgánica en aguacate cv. Hass.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis
Nutrihum 1	Humus liquido de lombriz (<i>Elisenia foetida</i>)	2L/ha (suelo) y 1.0 L/ha (foliar).
Nutrihum 2	Humus liquido de lombriz (<i>Elisenia foetida</i>)	4L/ha (suelo) y 1.0 L/ha (foliar).
Nutrihum 3	Humus liquido de lombriz (<i>Elisenia foetida</i>)	6L/ha (suelo) y 1.0 L/ha (foliar).
Micorrizas (<i>Glomus</i> sp)	<i>Glomus intraradices</i> + material inerte	1.0 kg/ha al suelo
Testigo	Triple 16 (16-16-16)	8.0 kg/árbol (en 3 etapas)

Los datos se analizaron mediante un ANOVA con el paquete estadístico SAS® 2007, para el diseño experimental de bloques al azar con 8 repeticiones tomando cada árbol como repetición, además de la prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que el diferente manejo nutricional influye en la expresión de las variables analizadas en el presente experimento.

Promedio de flores por rama y porcentaje de floración

Para la variable de promedio de flores por rama se encontraron diferencias estadísticas, donde el mejor tratamiento fue el Nutrihum 2, ya que genero un valor de 36.06 en promedio contra un 4.03 del tratamiento testigo (Cuadro 3). En el porcentaje de la floración el mejor tratamiento registrado fue de Micorrizas (*Glomus* sp), sin embargo, estadísticamente se comportó similar a todos los tratamientos excepto al testigo.

Cuadro 2. Comparación de medias de promedio número de flores por rama y porcentaje de floración en aguacate con manejo orgánico y convencional en Nuevo Parangaricutiro, Mich.

Tratamiento	Promedio de flores/rama	Porcentaje de floración
Nutrihum 1	10.22 ab	56.25 a
Nutrihum 2	36.06 a	56.25 a
Nutrihum 3	18.48 ab	53.13 a
Micorrizas (<i>Glomus</i> sp)	4.59 b	84.38 a
Testigo	4.03 b	33.13 b
Tukey 5%	31.09	41.094

Nota: valores con la misma letra o sin letra estadísticamente iguales ($P>95\%$).

Chirinos (2017), menciona que la nutrición orgánica del aguacate es muy importante y recomendable por su alto contenido de diversos nutrientes como magnesio y boro que promueve mayor número de brotes y una floración abundante y temprana, además de mayor amarre de frutos, por lo que en el caso de este trabajo el mayor número de flores pudo estar relacionado con la variable número de flores por rama.

A pesar de las bajas cantidades de nutrientes que la fertilización orgánica aporta (Anónimo, 2016), los nutrientes se libera en mayor amplitud de elementos nutritivos y prolongado en el tiempo (Sierra- Rojas, 2002), esto permite que se pueda aceptar que el aguacate se considera como un árbol de bajo requerimiento de nutrientes al comparar con otros frutales (Granados, 2013) y que la fertilización orgánica a pesar de tener bajos porcentajes de nutrientes, puede suministrar lo que el árbol requiere. De acuerdo a Rosales *et al.*, (2003), el aguacate tiende a direccionar los nutrientes a crecimiento vegetativo más que a flores y frutos, por lo que en ocasiones la floración no es uniforme, lo cual también ocurrió en esta investigación.

Cuajado de fruto cerillo (munición) y fruto canica (perdigón)

En ambas variables se aprecia que hubo efecto significativo para tratamientos de nutrición (Cuadro 3), por lo que la nutrición orgánica afecta estas dos variables importantes de cuajado de fruto, evaluadas en estas fechas de muestreo, presentó diferencia estadística. La cantidad de frutos en tamaño canica fue mayormente incrementada por el tratamiento Micorrizas (*Glomus* sp) en un 133.3% más que el testigo (Cuadro 3). Estos valores altos de cuajado de fruto, se relacionan con una nutrición más aportante de boro y nitrógeno, ambos elementos contenidos en los fertilizantes orgánicos (Castellanos *et al.*, 1996).

En relación con la comparación de medias del promedio de fruto tamaño cerillo se aprecia que el tratamiento con mayor promedio fue Nutrihum 2 con 36.8 frutos cuajados, seguido por el tratamiento Nutrihum 3 que en promedio dio 24.4 frutos tamaño cerillo, mientras el testigo solo 1.62 frutos.

En la variable número de fruta tamaño canica en la segunda toma de datos se observa que el tratamiento que ha mostrado mayor amarre en la fruta tamaño canica es el tratamiento a base de micorrizas (*Glomus* sp.) con 10.5 y el tratamiento con menor número de frutos de este tamaño fue el tratamiento Nutrihum 3 con un valor de 0.6.

Cuadro 3. Comparación de medias del número promedio de fruto cerillo y número promedio de fruto canica 2 total en aguacate con manejo orgánico y convencional en Nuevo Parangaricutiro, Mich.

Tratamiento	Fruto cerillo (munición)	Fruto tamaño canica (perdigón)
Nutrihum 1	2.0 b	2.1 ab
Nutrihum 2	36.8 a	3.9 ab
Nutrihum 3	24.4 ab	0.6 b
Micorrizas (<i>Glomus</i> sp)	2.27 b	10.5 a
Testigo	1.62 b	4.5 ab
Tukey 5%	33.4	8.473

Nota: valores con la misma letra o sin letra estadísticamente iguales ($P > 95\%$).

El cuajado de fruto requiere de un aprovisionamiento adecuado de magnesio, más que de N y P (Granados, 2013), sin embargo, Espindola *et al.*, (2008), indican que el nitrógeno incrementa el cuajado de fruto, no obstante, los fertilizantes orgánicos contienen magnesio soluble y suficiente para los

cultivos (Mikelsen, 2001), por ello es posible que los tratamientos orgánicos hayan producido mayor cantidad de frutos tamaño cerillo y canica en este trabajo, sin embargo, en relación con el fruto tamaño canica el tratamiento con micorrizas tuvo la mayor cantidad de frutos (10.3) que el resto de los tratamientos, esto puede deberse a que las micorrizas pueden contribuir a una mayor solubilidad del Magnesio del suelo (Castillo *et al.*, 2005).

Longitud del brote total y Rendimiento de fruto.

En el siguiente Cuadro 4, se presenta la comparación estadística de los promedios de ambas variables, longitud del brote y rendimiento de fruto. El tratamiento que favoreció el mayor desarrollo vegetativo fue el tratamiento micorrizas (*Glomus* sp) recomendado por INIFAP con 65.25 cm de crecimiento sumando las cuatro ramas evaluadas; seguido por el Testigo el cual arrojó un crecimiento de 65.25 cm; en tratamiento con menor crecimiento fue el de Nutrihum 1 desarrollando solo 41.75 cm de brote vegetativo.

En lo que se refiere a la producción de fruto, el tratamiento que mostró efecto significativo fue el testigo con 57.6 kilogramos por árbol, el tratamiento con menor rendimiento por árbol fue el Nutrihum 2 con 43.1 kilogramos. Sin embargo, el tamaño de fruto fue menor en el tratamiento químico (Cuadro 5), ya que fue significativamente menor al tratamiento con micorrizas (*Glomus* sp), en un 27% y en relación a Nutrihum 3 en 23%.

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables longitud del brote total y producción de fruto (kg/árbol) con manejo orgánico y convencional en San Juan Nuevo Mich.

Tratamiento	Longitud del brote total	Rendimiento de fruto (kg/árbol)
Nutrihum 1	41.8 b	50.0 ab
Nutrihum 2	43.6 b	43.1 b
Nutrihum 3	50.5 ab	51.2 ab
Micorrizas INIFAP	65.3 a	54.9 a
Testigo	59.1 ab	57.6 a
Tukey 5%	18.098	11.045

Nota: valores con la misma letra o sin letra estadísticamente iguales ($P>95\%$).

Indudablemente la variable económica más importante de este experimento es el rendimiento de fruto, en este ensayo se aprecia de manera clara que la nutrición orgánica produce rendimientos importantes comparables al testigo con aplicaciones de 100% de fertilizante químico (Cuadro 4), los tratamientos *Glomus* sp y las aplicaciones de Nutrihum 1 y Nutrihum 3 orgánicos, son capaces de igualar estadísticamente el rendimiento de fruto obtenido por el testigo, sin embargo el tratamiento Nutrihum 2 fue el único que con 43.1 kg/árbol de fruto, quedó en el tercer grupo significativo, diferente del testigo con 57.6 kg/árbol de fruto.

Algunos autores relacionan la disponibilidad y altas concentraciones foliares de nitrógeno con el rendimiento de fruto, Tapia *et al.*, (2014), pero necesariamente debe haber un equilibrio nutricional para mayor rendimiento de fruto Lovatt (1999), en este trabajo parece ser que el mayor aporte de nitrógeno pudo ser la clave para un mayor crecimiento vegetativo y más rendimiento de fruto, esta condición puede ser la causa de que las huertas orgánicas, presenten de manera endémica un rendimiento de fruto menor a aquéllas que son convencionales.

Peso de los componentes del fruto del aguacate

La comparación estadística de los promedios de las variables, peso de fruto, peso de semilla y peso de pulpa, se muestran en el Cuadro 5, donde se aprecia que este grupo de variables obtuvieron diferencias claras en los tres casos. El peso del fruto fue estadísticamente más alto al tratamiento con micorrizas (*Glomus* sp) con 266.3 g de pulpa, es decir, más de 30% superior al tratamiento más bajo que fue el testigo, por lo que se aprecia que, si bien el tratamiento testigo produjo mayor cantidad de fruto, este fue de un tamaño menor que el obtenido por el tratamiento con micorrizas. El tamaño de la semilla también fue mayor en el tratamiento con *Glomus intraradices* con 36.5 g, así como el peso de pulpa con 203 g, estos valores fueron 90 y 30% superiores al tratamiento testigo, respectivamente, lo que también demuestra que hay una correlación positiva entre tamaño de fruto y tamaño de semilla.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables peso, longitud del brote total y kilogramos por árbol con manejo orgánico y convencional en Nuevo Parangaricutiro Mich.

Tratamiento	Peso fruto (g)	Peso hueso (g)	Peso pulpa (g)
Nutrihum 1	199.7 ab	21.2 bc	162.6 ab
Nutrihum 2	220.6 ab	18.6 c	164.4 ab
Nutrihum 3	251.4 ab	30.6 ab	195.4 ab
Micorrizas INIFAP	266.3 a	36.5 a	203.0 a
Testigo	195.0 b	22.2 bc	149.8 b
Tukey 5%	67.639	10.13	50.608

Nota: valores con la misma letra o sin letra estadísticamente iguales ($P > 95\%$).

Reportes de otros autores con evaluación del peso de fruto y otros componentes del fruto Salazar *et al.*, (2010), revelan que la relación pulpa/peso total de fruto fluctúa entre 70 a 75% en el cultivar Hass, mientras que en esta investigación el tratamiento con Nutrihum 1, alcanzó un 81% valor superior a lo reportado por los autores anteriores, mientras que el resto de tratamientos tuvieron valores de 76 a 77% ligeramente superiores también. Por otra parte, cabría también esperar que los tratamientos con mayor rendimiento de fruto (Testigo y *Glomus* sp), tuvieran menor tamaño de fruto, en este trabajo se presenta de manera no uniforme pues INIFAP produjo también un peso de fruto mayor mientras que el testigo si se presentó la condición esperada. Este efecto pudo ser debido a que existe una mejor condición nutricional proporcionada por la micorriza como afirma Salazar *et al.* (2010).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este trabajo de investigación se acepta la hipótesis y se concluye que:

- Los productos orgánicos Nutrihum y el tratamiento con micorrizas (*Glomus* sp), presentan un desempeño aceptable con características agronómicas similares y en algunos casos superiores a la fertilización 100% química.
- La dosis que mejor desempeño tuvo para características del fruto y rendimiento fue Nutrihum 2 L/árbol, y 6 L/árbol al suelo y la aplicación de micorrizas al suelo.
- El rendimiento de fruto en los tratamientos Nutrihum fue superior a 50 kg/árbol y con pesos medios de fruto superiores a 200 g, lo cual asegura la calidad del fruto.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma que el producto Nutrihum tiene efectos favorables en el desarrollo del aguacate.

LITERATURA CITADA

- Alimentarias, O. S. N. (2007). Codex alimentarius.
- Anónimo 2016. Materia orgánica y actividad biológica. In: Conservación de los recursos naturales para una Agricultura Sostenible. FAO. Roma, Italia. 27 p.
- Castillo R.F., M.D. Roldán R., R. Blasco P., M.J. Huertas R., F.J. Caballero D. 2005. Biotecnología Ambiental. Ed. Tébar. Madrid Esp. 616 p.
- Castellanos R., J.Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14: 151-158.
- Chirinos, U.H. 2017. Fertilización del Aguacate (*Persea americana*). Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), México, DF (México). Recuperado el 26 de julio de 2021. [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/158D17AC5FE4ABEC06256AE80059F98C/\\$file/fertilizacion+del+aguacate.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/158D17AC5FE4ABEC06256AE80059F98C/$file/fertilizacion+del+aguacate.pdf)
- Codex Alimentarius. 1999. Comisión del Codex Alimentarius. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/cha-codex-alimentario.pdf>. Consultado el 13 de abril de 2019
- Espindola B. M.C., R. Cano M., J. Rodríguez A., P. Sánchez G. 2008. Amarre de fruto en aguacate "Hass" con aplicaciones de AG3, N y anillado. Agricultura Técnica en México. 34(4):407-419.
- Granados H. A.M. 2013. Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) Cv. Lorena en San Sebastián de Mariquita en el departamento del Tolima, Colombia. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 122 p.
- Lovatt, C. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTech. 9(4):607-612.
- Mikelsen M. 2001. Fuentes de magnesio. Informaciones Agronómicas. International Plant Nutrition Institute. Peachtree, GA, USA 13 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Agricultura Orgánica en el mundo. Recuperado el 26 de julio de 2021. <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>.
- Rosales, J., G. Parodi y B. Carlini. 2003. Evaluación del ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass para la zona de la irrigación Santa Rosa, Perú. p. 311-316.
- Salazar G.S., J.L. González D., L.M. Tapia V. 2011. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 17(2):183-194.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2020. Avanzan Agricultura y productores en propuesta de Programa Nacional para Productos Orgánicos. Recuperado 27 de julio de 2021. México D.F. <https://www.gob.mx/agricultura/nuevoleon/prensa/avanzan-agricultura-y-productores-en-propuesta-de-programa-nacional-para-productos-organicos-232308?idiom=es>.
- Sierra B.C. y Rojas C.W. (2002). La materia orgánica y su efecto como mejorador de la productividad de los cultivos. INIA. C.E. La Serena Intihuasi, Chile 20 p.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). 2017. Información estadística de los cultivos. SAGARPA. México, D.F. Reportado el 20 de septiembre de 2017. www.sagarpa.gob.mx/siap.

- Tapia Vargas, L. M., Larios Guzmán, A., Hernández Pérez, A., y Guillén Andrade, H. 2014. Nutrición orgánica del aguacate cv. "Hass" y efecto nutrimental y agronómico. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (3), 463-472.
- Torres, G. J. 2014. Costos de producción del Aguacate con alta tecnología. *El Aguacatero* 14(4):5-6

Sección II:

AGRICULTURA SOSTENIBLE Y COVID-19



RESPUESTA DEL MAÍZ A LA INOCULACIÓN DE CONSORCIOS MICORRÍZICOS Y FERTILIZACIÓN CON Fe Y Zn

Martha B. G. Irizar-Garza¹
Lucila González-Molina¹
Margarita Díaz-Valasis¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México
maggy_diaz@yahoo.com

RESUMEN

En el estado de México, el cultivo de maíz se siembra principalmente bajo condiciones de temporal. Las simbiosis con las micorrizas facilitan la absorción de nutrimentos a la planta, principalmente P y elementos inmóviles como Cu, Zn y Fe. El propósito del presente estudio fue evaluar la respuesta agronómica de maíz a la inoculación de nuevos consorcios de cepas seleccionadas para Valles altos y de la fertilización química adicionada con Zn y Fe, en condiciones de temporal. El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Valle de México ubicado en Coatlinchán, México y se estableció en un diseño experimental en bloques al azar en arreglo factorial con dos factores y cuatro repeticiones. El primer factor fue el inóculo de consorcios de hongos micorrízicos: Amecameca; Tonatico; Rhizofagus Nuevo León; INIFAP y Testigo, sin micorriza. El segundo fue la fertilización química a 50% de la dosis recomendada de fertilizante con las fuentes urea y superfosfato de calcio triple: 60-35-00; 60-35-00 + Fe (20 kg ha⁻¹); y 60-35-00+Zn (20 kg ha⁻¹). Se evaluó: altura de planta, número de hojas, rendimiento de grano, materia seca total e índice de cosecha. En los tratamientos de fertilización, no se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas; sin embargo, sobresalió el rendimiento de grano en el tratamiento con adición de Zn. En el rendimiento de grano, el maíz inoculado con el consorcio Tonatico fue sobresaliente, aunque no hubo diferencias estadísticas con lo demás consorcios excepto para el consorcio Amecameca.

Palabras clave: absorción nutrimental, materia seca, rendimiento de grano

INTRODUCCIÓN

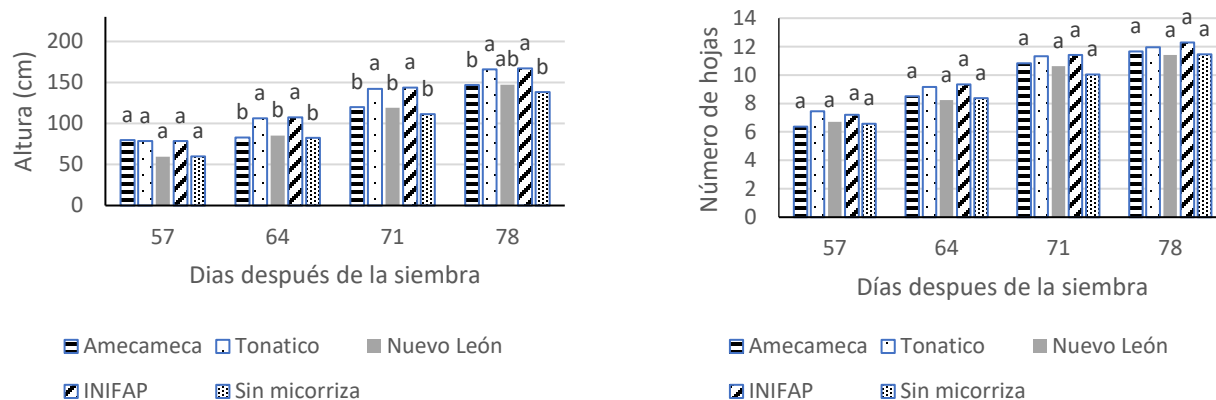
En el estado de México, el cultivo de maíz se siembra principalmente bajo condiciones de temporal. En el año 2020 representó el 84% de la superficie total sembrada; sin embargo, cerca del 23% se perdió por siniestros, lo que indicó que la planta fue sometida a estrés biótico y abiótico (SIAP, 2020). Se sabe, que el uso de micorriza es una alternativa ecológica y tecnológicamente sostenible (Okur, 2018) y apropiada para su uso en diferentes cultivos agrícolas (maíz, trigo, cebada, avena, frijol y cítricos), así como, en suelos con poca fertilidad y bajo condiciones de temporal (Irizar-Garza *et al.*, 2003). Entre los múltiples beneficios que aporta a la planta, la simbiosis con las micorrizas facilita la absorción de nutrimentos a la planta, principalmente P y elementos menores, especialmente los inmóviles como Cu, Zn y Fe (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000), que inciden en el crecimiento y desarrollo de sus hospederas al mejorar los mecanismos fisiológicos que promueven la capacidad fotosintética y la captación de biomasa (Xu *et al.*, 2018). El propósito del presente estudio fue evaluar la respuesta agronómica de maíz a la inoculación de nuevos consorcios de cepas seleccionadas para Valles altos y de la fertilización química adicionada con Zn y Fe, en condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el año 2020 en el Campo Experimental Valle de México ubicado en Santa Lucía de Prías, Coatlínchán, Texcoco, Estado de México entre los 19° 26' 56" latitud norte y 98° 52' 20" longitud oeste, con una altitud de 2264 msnm. El suelo de la parcela experimental fue de textura franco arcilloso, con pH de 7.0, materia orgánica de 2.3% y conductividad eléctrica (C.E.) de 0.16 dSm⁻¹. El contenido de minerales del suelo (mg kg⁻¹) fueron los siguientes: Nitrógeno (91), Fósforo (55), Potasio (780), Calcio (2660), Magnesio (816), Sodio (68), Hierro (13), Cobre (1), Zinc (2) y Manganeseo (41). El material vegetal fue el maíz H70. El experimento se estableció en un diseño experimental en bloques al azar en arreglo factorial con dos factores y cuatro repeticiones. El primer factor fue el inóculo de consorcios de hongos micorrízicos: C1 (Amecameca); C2 (Tonatico); C3 (Rhizofagus Nuevo León); C4 (INIFAP) y C5 (Testigo, sin micorriza). El segundo factor fue la fertilización química a 50% de la dosis recomendada de fertilizante con las fuentes urea y superfosfato de calcio triple: F1 (60-35-00); F2 (60-35-00 + Fe (20 kg ha⁻¹)); y F3 (60-35-00+Zn (20 kg ha⁻¹)). La inoculación de los hongos micorrízicos fue en la siembra con una dosis de 1 kg ha⁻¹. Se evaluaron las variables: altura de planta, número de hojas, rendimiento de grano, materia seca total e índice de cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el caso de los consorcios evaluados, para las variables altura de planta y número de hojas solo hubo diferencias estadísticas a los 64 a 78 días después de la siembra (dds) para altura de plantas (Figura 1a y 1b), sobresalen los consorcios Tonatico e INIFAP en ambos casos, resultados que concuerdan con Díaz *et al.* (2007) en lo referente a que la aplicación de *Glomus* aumentó la altura de planta en sorgo. En la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal, la inoculación con biofertilizantes, entre ellos el uso de micorriza, y las combinaciones de Micorriza+ *Azospirillum* + la cepa INI1R2 fueron los tratamientos que tuvieron efecto favorable para la variable altura de planta (Loredo-Osti *et al.*, 2007).



a) b)

Figura 1. Evaluación de la inoculación de consorcios micorrízicos en el cultivo de maíz para a) altura y b) número de hojas en el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal.

Para rendimiento de grano, el maíz inoculado con el consorcio Tonatico fue sobresaliente, aunque no hubo diferencias estadísticas con lo demás consorcios excepto para el consorcio Amecameca. Esta tendencia se presentó sin diferencias estadísticas para índice de cosecha y producción de materia seca. Al respecto, Irizar *et al.* (2003) indica que es recomendable el uso de cepas seleccionadas en la

misma región de producción ya que es difícil que una sola cepa sea efectiva en todas las localidades y en todos los tipos de cultivo probados.

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de consorcios de hongos micorrízicos en el rendimiento de grano, materia seca e índice de cosecha de maíz.

Consortio micorrízico	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Materia seca (t ha ⁻¹)	Índice de cosecha
Tonatico	8.6 a	18.3 a	0.48 a
Sin Micorriza	8.0 ab	16.8 a	0.47 a
Nuevo León	7.8 ab	16.5 a	0.47 a
INIFAP	7.8 ab	16.8 a	0.47 a
Amecameca	6.9 b	15.7 a	0.44 a
DSMH	1.5	3.06	0.07

Para los diferentes tratamientos de fertilización, no se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas en el maíz inoculado con los consorcios micorrízicos (Cuadro 1). Esto puede deberse a que el suelo donde se estableció el experimento se consideró de fertilidad media de acuerdo con el contenido de materia orgánica, pH y de macro y micronutrientes. A pesar de estos resultados, sobresale el tratamiento con adición de Zn en el rendimiento de grano, lo cual puede explicarse porque la reserva de este elemento es baja (2 mg kg⁻¹) y el suelo tiene pH de 7.0, que coincide con Villarroel *et al.* (1988) quienes indican que en suelos con valores de pH entre 6.0 y 7.0 ocurren deficiencias de este elemento. Por otro lado, elementos poco móviles en el suelo, como el P y Zn, las micorrizas son útiles en la absorción como indicaron La Rue *et al.* (1975).

Cuadro 1. Efecto de la inoculación de consorcios de hongos micorrízicos en el rendimiento de grano, materia seca e índice de cosecha de maíz.

Fertilización	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Materia seca (t ha ⁻¹)	Índice de cosecha
60-35-00+Zn	8.3 a	17.7 a	0.47 a
60-35-00	7.7 a	16.4 a	0.47 a
60-35-00 + Fe	7.5 a	16.4 a	0.46 a
DSMH	0.99	2.02	0.05

CONCLUSIONES

Para los diferentes tratamientos de fertilización, no se encontraron diferencias estadísticas en las variables evaluadas en el maíz inoculado con los consorcios micorrízicos debido a que el experimento se estableció en un suelo de fertilidad media.

Se encontró respuesta favorable en el rendimiento grano del maíz con la inoculación de al menos un consorcio de hongos micorrízicos y también con la fertilización química adicionada con Zn.

LITERATURA CITADA

Alarcón, A. F. y Ferrera-Cerrato R. 2000. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. Terra 17: 179-191.

- Díaz, F. A., y Garza, C. I. 2007. Crecimiento de genotipos de sorgo y cártamo asociados a la colonización micorrízica arbuscular en suelo con baja fertilidad. *Rev. Universidad y Ciencia. Trópico húmedo*. 23: 15-20.
- Irizar-Garza, M.B., P. Vargas-Vázquez, D. Garza-García, C. Tut y Couoh, I. Rojas-Martínez, A. Trujillo-Campos, R. García-Silva, D. Aguirre Montoya, J.C. Martínez-González, S. Alvarado-Mendoza, O. Grageda-Cabrera, J. Valero-Garza, y J.F. Aguirre-Medina. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México *Agricultura Técnica en México*. 29: 213-225.
- La Rue, J. H., W. D. McClellan and W. L. Peacock. 1975. Mycorrhizal fungi and peach nursery nutrition. *Calif Agric*. 29: 70-71.
- Loredo-Osti C., S. L. Beltrán, y M. A. Peña del Río. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero bajo condiciones de temporal. Folleto Científico No. 2. Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, S.L.P. México. 60 p.
- Okur, N. 2018. A review: Bio-fertilizers- power of beneficial microorganisms in soils. *Biomed. J. Sci. Tech. Res*. 4. doi:10.26717/BJSTR.2018.04.001076.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). En: Avance de siembras y cosechas. Riego+ temporal. Situación al 31 de diciembre de 2020. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do. Consulta: junio de 2021.
- Villarreal A. J., E. R. Núñez, L. J. Cajuste, y M. D. Aguirre 1981. Respuesta del maíz y el frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Ciudad Serdán, Puebla, bajo condiciones de campo e invernadero. *Agrociencia* 44: 77-90.
- Xu, H., Y. Lu, and S. Tong. 2018. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of maize seedlings under salt stress. *Emir. J. Food Agric*. 30: 199-204.

EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TOMATE-MAÍZ-ACOLCHADO, TOMATE-MALLA ANTIÁFIDA Y TOMATE-ACOLCHADO

Antonio Gutiérrez-Martínez¹
José Galdámez-Galdámez¹
Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez¹
Franklin B. Martínez-Aguilar¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas
antoniogutmart58@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el municipio de Totolapa, Chiapas, México, en la parcela llamada el Sauz. Se evaluó el mejor rendimiento de tomate de tres sistemas de producción tomate-maíz-acolchado, tomate-malla antiáfida, y tomate-acolchado. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de botones florales, número de flores, número de frutos/planta, y rendimiento total/parcela. Los resultados indican que, en esta investigación, el sistema tomate-acolchado registró el mayor número de botones florales 19.03 botones/planta y el sistema tomate-malla antiáfida obtuvo mayor número de flores 45.80/planta; por otra parte, el sistema de producción tomate-maíz acolchado registro el mayor número de 16.70 frutos/planta en el quinto muestreo y en el octavo muestreo el sistema de producción tomate-malla antiáfida obtuvo el mayor número de 79.20 frutos/planta. También, el mejor sistema y con mejor rendimiento total fue el sistema tomate-malla antiáfida con 5,726 kg/ha, seguido por el sistema tomate-maíz-acolchado con 3,740 kg/ha y el sistema tomate-acolchado con 2,673 kg/ha. El mejor sistema de producción fue tomate-malla antiáfida.

Palabras clave: Sistema, acolchado, maíz, tomate-malla antiáfida

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) actualmente se cultiva para consumo fresco e industrializado, dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo económico, es considerado como una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países del mundo, por el sinnúmero de subproductos que se obtienen de él, y los beneficios económicos que aporta (Alvarado-Portilla, 2020). El cual puede ser cultivado de diversas formas y la cosecha puede ser planificada según su objetivo, pudiendo encontrar producciones destinadas a procesos industriales o al consumo fresco, siendo esta última la de mayor diversificación productiva, debido a que el tomate puede ser cultivado en una alta gama de condiciones durante todo el año.

El tomate es la hortaliza de mayor importancia a nivel nacional e internacional, debido a su amplio consumo (Pérez, 2013)), al área cosechada y al valor económico de la producción. Durante los últimos años, esta hortaliza ha incrementado su producción anual principalmente por el aumento en el rendimiento y en menor proporción por el incremento de la superficie cultivada. Además de la importancia económica y social del tomate en los sistemas de producción del mundo, esta hortaliza tiene cada vez mayor relevancia nutricional, ya que son fuente importante de vitaminas, minerales y proteínas para la salud humana (Villarreal, 2009).

La producción del cultivo de tomate para consumo fresco, hoy en día tiene muchos problemas fitosanitarios que son difíciles de resolver de manera práctica, debido a esto se han implementado

estrategias más complejas como invernaderos de plástico de polietileno temporales, o bajo malla antiáfida con la intención de proteger al cultivo en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo tanto de las condiciones climáticas naturales como bióticas. Por esta razón, se llevó a cabo esta investigación en donde se evaluaron tres sistemas de producción de cultivo de tomate-maíz-acolchado, tomate-malla antiáfida, y tomate-acolchado con la finalidad de evaluar en cuál de los tres sistemas se obtendría mejor resultado en cuanto a incremento de los rendimientos de frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el municipio de Totolapa, Chiapas, México, en la parcela llamada el Sauz propiedad del señor Carmen Fonseca Ballinas con las siguientes coordenadas geográficas: 16°, 54'44" latitud norte y -92°, 68'11" longitud oeste. La localidad se encuentra a una altura de 620 msnm, el clima es cálido subhúmedo, con un rango de precipitación anual de 900-1,500 mm y una temperatura anual de 22-28°C (INEGI, 2005).

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos tomate-maíz-acolchado, tomate-malla antiáfida, y tomate-acolchado con tres repeticiones. Cada sistema de producción tuvo un total de 680 plantas, dejando 1.20 cm de calle entre camas y 40 cm entre plantas. La parcela experimental tuvo una dimensión de 19 X 20 m, con una superficie total de 380 m². La preparación del terreno consistió en tres pasos de rastra con el fin de remover las capas del suelo para mullirlo e incorporar los residuos de cosecha para un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate. Los camellones midieron 80 cm de ancho por 6 m de largo y 40 cm de altura, se dejó 1.20 m de separación entre camellones, en total se prepararon 15 camellones por repeticiones.

Se sembró el maíz híbrido DK-357 en las parcelas experimentales que le correspondió, primero se sembró el maíz a una distancia de 20 cm entre plantas en cada hilera de acolchado y cuando el maíz estaba emergiendo se trasplantó el tomate. Para la siembra del tomate, se utilizaron plántulas del híbrido Serengueti de crecimiento determinado. El trasplante se realizó en forma manual, en los camellones cubiertos con plástico color plata, se realizaron agujeros a una distancia de 40 cm entre agujeros. Las plántulas de tomate se sembraron a una distancia de 40 cm entre plantas y 1.20 cm entre camellones.

Los muestreos se realizaron a los nueve días después del trasplante del tomate, cada ocho días se muestrearon 10 plantas al azar por cada sistema de producción en total se muestrearon 30 plantas por sistema de producción. La toma de datos se realizó durante nueve semanas, y los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico Menú de la Universidad de Nuevo León. para realizar el análisis de varianza de las variables estudiadas y la comparación de medias con la prueba de Tukey (Tukey, 1949) con un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuarto muestreo de botones florales de tomate, el sistema tomate-acolchado registró diferencias estadísticas altamente significativas ($P > 0.015$) con el mayor número de botones florales 19.03 siguiendo en importancia el sistema tomate-maíz-acolchado 14.53 y el sistema tomate-malla antiáfida 13.33 botones florales/planta de tomate, respectivamente (Cuadro 1). El sistema tomate-acolchado obtuvo mayor número de botones florales debido a que recibió mayor cantidad de luz solar teniendo efecto marcado sobre la producción de botones florales/planta de tomate con respecto al sistema de producción tomate-maíz-acolchado, las plantas de maíz le hicieron sombra a las plantas de tomate, lo que provocó menor número de botones florales y lo mismo ocurrió con el sistema tomate-malla antiáfida

que le generó sombra al sistema y más calor a las plantas de tomate, ocasionando efectos negativos en la formación de botones florales.

Cuadro 1. Número de botones florales por planta de tomate en los sistemas de producción en el cuarto muestreo.

Sistemas de producción	Número de botones florales
Tomate-acolchado	19.03 A
Tomate-maíz-acolchado	14.53 B
Tomate-malla antiáfida	13.33 B

Las medias en la columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05\%$), prueba de rango múltiple de Tukey (1949).

En el séptimo muestreo se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P > 0.009$) en el sistema tomate-malla antiáfida 45.80 flores en comparación al sistema tomate-acolchado y tomate-maíz-acolchado 30.53 y 27.20 flores/planta, respectivamente (Cuadro 2). El mayor número de flores fue para el sistema tomate-malla antiáfida debido a que el cultivo de tomate estaba protegido, que evitó la caída de flores por el viento.

Cuadro 2. Número de flores por planta de tomate en los sistemas de producción en el séptimo muestreo.

Sistemas de producción	Número de flores
Tomate-malla antiáfida	45.80 A
Tomate-acolchado	30.53 B
Tomate-maíz-acolchado	27.20 B

Las medias en la columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05\%$), prueba de rango múltiple de Tukey (1949).

Se puede observar en el (Cuadro 1), que el sistema de producción tomate-acolchado obtuvo el mayor número de botones florales de 19.03/planta de tomate; sin embargo, en el séptimo muestreo el sistema de producción tomate-malla antiáfida registró 45.80 flores/planta de tomate, esto fue debido a que estaba protegido el cultivo de tomate, lo que evitó la caída de botones y flores por el viento. El sistema tomate-maíz-acolchado tuvo el menor número de flores, debido al fuerte sombreado por el maíz.

En el quinto muestreo se contabilizó el número de frutos/planta de tomate, los resultados indican diferencias estadísticas altamente significativas ($P > 0.016$) entre sistemas (Cuadro 3) en donde se muestra que el sistema de producción tomate-maíz acolchado tuvo el mayor número de frutos 16.70/planta, seguido por los sistemas tomate-malla antiáfida y tomate-acolchado con 11.80 y 11.53 frutos por planta de tomate, respectivamente.

Cuadro 3. Número de frutos por planta de tomate en los sistemas de producción en el quinto muestreo.

Sistema de producción	Número de frutos/planta
Tomate-maíz-acolchado	16.70A
Tomate-malla antiáfida	11.80B
Tomate-acolchado	11.53B

Las medias en la columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05\%$), prueba de rango múltiple de Tukey (1949).

El sistema de producción tomate-maíz-acolchado como se observa en el (Cuadro 3), produjo más frutos por planta de tomate, estos resultados coinciden con los de Escandón (2012), que indica que el sistema tomate-maíz-acolchado se obtiene una mejor producción y frutos más sanos, por lo que, el cultivo de maíz sirve como barrera contra plagas y enfermedades, que evita el aborto de frutos para que las plantas de tomate no tengan ninguna deficiencia nutricional y puedan realizar mejor el proceso fotosintético y así completar sus funciones vitales para producir mejores frutos.

En el octavo muestreo de frutos/planta, se registró diferencias estadísticas altamente significativas ($P>0.000$) entre sistemas de producción, en donde el sistema tomate-malla antiáfida obtuvo el mayor número de frutos 79.20 seguido del sistema tomate-maíz-acolchado 66.25 frutos y el sistema tomate-acolchado 57.36 frutos/planta de tomate (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los de SAGARPA (2012) que indica que el sistema tomate-malla antiáfida incrementa los rendimientos y mejora la calidad de frutos, ya que crecen limpios, sanos y uniformes, debido a que la malla antiáfida reduce la cantidad de radiación solar incidente. También, es importante indicar que la luz influye en la calidad de los frutos de tomate, por ejemplo, se ha observado que la luz afecta la calidad de frutos, tales como: textura, firmeza, apariencia (García, 2017) y los compuestos oxidantes y antioxidantes (Alba *et al.*, 2000).

Cuadro 4. Número de frutos por planta de tomate en los sistemas de producción en el octavo muestreo.

Sistemas de producción	Número de frutos/planta
Tomate-malla antiáfida	79.20 A
Tomate-maíz-acolchado	66.25 B
Tomate-acolchado	57.36 C

Las medias en la columna con la misma letra no son significativamente diferentes ($P\geq 0.05\%$), prueba de rango múltiple de Tukey (1949).

El rendimiento total en peso de frutos de tomate/parcela registro diferencias estadísticas significativas ($P>0.015$) fue mayor para el sistema tomate-malla antiáfida 5,726 kg, siguiendo en importancia el sistema tomate-maíz-acolchado 3,740 kg y el sistema tomate-acolchado 2,673 kg/parcela.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican que el mejor rendimiento de tomate fue para el sistema tomate-malla antiáfida con 5,726 kg/ha, lo que influyó en este rendimiento fue el desarrollo vegetativo del tomate, el número de frutos y el peso de los tomates/planta. Es importante tomar en cuenta que el sistema de producción tomate-malla antiáfida el cultivo debe de estar protegido en las etapas vegetativas más susceptibles para evitar problemas de agua, nutrición, insectos plaga, malezas y enfermedades.

LITERATURA CITADA

- Alba, R., P. Cordonnier and L. H. Pratt. 2000. Producción de tomate bajo condiciones de protección. *Magazin 1* (2): 27.
- Alvarado-Portilla, F. 2020. La producción de hortalizas y su impacto social, económico y alimentario. 3 p.

- Escandón, N. 2012. "Rotación y asociación de cultivos en la provincia del Azuay para el rescate de la soberanía alimentaria". pp. 2-17.
- García, S. G. M. 2017. Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate. Tesis de maestría en Ciencias en Agroplasticultura. 75 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Chiapilla, Chipas. p. 3.
- Pérez, J. 2013. Guía técnica cultivo de tomate. p. 8.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Guía para cultivar en condiciones de malla sombra en San Luis Potosí. p. 2.
- Tukey, J. W. (1949). One degree of freedom for non-additivity. *Biometrics* 5:232-242.
- Villarreal, R. 2009. Cultivo de tomate en el trópico. p. 1

EVALUACIÓN DE UN MÉTODO ALTERNATIVO DE APLICACIÓN DE HERBICIDAS PARA REDUCIR SU USO

Fernando de Jesús Del Ángel-Santiago¹

Emigdio De la Cruz-De la Cruz¹

Lorena Casanova-Pérez¹

Florencia García-Alonso¹

¹Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense
emigdio.delacruz@uthh.edu.mx

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo evaluar la eficiencia de un método alternativo de aplicación de herbicidas que permita reducir las dosis en que son utilizados, sin disminuir su efectividad en el control de malezas en un cultivo de maíz, comparándolo con el método común de los agricultores locales. El trabajo de investigación se realizó en la localidad de El Remanso Acececa, perteneciente al municipio de Tantoyuca, Veracruz. Para la evaluación del método alternativo de aplicación de herbicidas, se empleó el diseño en parcelas divididas, el factor A correspondió al herbicida; a1) La FAM (Sal isopropilamina de n-fosfonometil glicina) y a2) DasurQuat (Paraquat), el factor B; métodos de aplicación de herbicidas fueron: b1) aplicación común de herbicidas; b2) método de aplicación alternativo y b3) el testigo sin aplicar, con tres repeticiones por cada tratamiento. Los resultados muestran que el herbicida DasurQuat (de contacto) tiene una efectividad del 92% con el método común, mientras que con el método alternativo su eficacia es del 88%, el herbicida La Fam (sistémico) tiene una efectividad del 99% con el método común, mientras que con el método alternativo su eficacia es del 98%. Se concluyó que el método alternativo tiene una efectividad similar a la del método común cuando se aplicó el herbicida sistémico, por lo tanto, es posible reducir la dosis hasta en un 40% sin comprometer la efectividad del mismo en el control de malezas asociadas al cultivo de maíz, además, con herbicidas de contacto no se puede reducir la dosis ya que se reduce su efectividad.

Palabras clave: herbicida, malezas, maíz

INTRODUCCIÓN

En México como en el resto del mundo, el uso de herbicidas es aceptado entre los productores del país, su aceptación se debe a que facilita el control y combate de especies vegetales no deseadas en el cultivo, denominadas malezas o malas hierbas (CEDRSSA, 2020). Sin embargo, debido a la falta de regulación y monitoreo en el país, no se tiene información detallada sobre el uso de estas sustancias de las cuáles, únicamente se cuenta con el catálogo oficial de plaguicidas que no ha sido actualizado y excluye información sobre los recientes descubrimientos de la peligrosidad de estos tóxicos (Arellano y Rendón, 2016).

Los herbicidas tienen efectos negativos en el medio ambiente, en un estudio realizado por Alvear *et al.* (2000) entre agosto del 1999 y marzo del 2000, se observó que los herbicidas provocan un desequilibrio inicialmente en las actividades biológicas en la biota del suelo, observándose un estado transitorio de baja actividad de ésta, la que se va recuperando en el tiempo, lo que depende de las características fisicoquímicas del herbicida, persistencia y dosis utilizada.

A pesar de todos los problemas que producen la utilización de los herbicidas, la opinión generalizada es que sin el uso de herbicidas la agricultura no puede ser ni sostenible ni económicamente viable

(Lacasta, 2003) puesto que las malezas llegan a ocupar hasta el 70% del área de cultivo, lo que reafirma que son un problema que requiere de un control radical cuando el cultivo está en su etapa inicial, que es cuando necesita disponibilidad de nutrientes y espacio suficiente para poder iniciar su desarrollo de forma exitosa. Sin embargo, en ocasiones los herbicidas son utilizados en dosis inadecuadas, cuando los agricultores se recomiendan entre ellos ignorando las indicaciones de los fabricantes, usándolos incluso en dosis superiores a las indicadas.

El uso masivo y constante de los herbicidas en los sistemas agrícolas se ha realizado durante décadas. El carácter selectivo de la mayoría de estos productos ha tenido como consecuencia una modificación de la flora espontánea y una disminución del número de especies, por lo que la diversidad biológica original, se ve alterada por las perturbaciones artificiales (Lacasta, 2003).

El uso de herbicidas se ha generalizado y los agricultores los utilizan como método para el control de arvenses (Mascorro *et al.*, 2019). Los herbicidas considerados como altamente peligrosos se utilizan en diversos cultivos, desde cereales, frutales, flores y hortalizas (CEDRSSA, 2020). Por lo anterior es importante buscar alternativas para reducir su aplicación, para que de forma paulatina se busquen alternativas de manejo de arvenses ecológicamente sostenibles. En ese sentido el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de un método alternativo de aplicación de herbicidas, que permita reducir las dosis en que son utilizados estos productos químicos y sin afectar su efectividad en el control de arvenses en un cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la localidad de El Remanso Acececa, coordenadas 21°18'12"N y 98°20'56"O perteneciente al municipio de Tantoyuca, Veracruz y ubicado a 60 msnm.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas (Zúñiga, 2010), el cual permitió evaluar dos factores y tres repeticiones para cada tratamiento (Figura 1): El factor A correspondió a los herbicidas a utilizar como: a1 La FAM (Sal isopropilamina de n-fosfonometil glicina) (Dragón®) y a2 DasurQuat (Paraquat®) y el factor B: métodos de aplicación de herbicidas como: b1 método de aplicación común; b2 método de aplicación alternativo y b3 el testigo sin aplicación de herbicida, con tres repeticiones por cada tratamiento. Para la fase experimental, se utilizó una parcela de ½ ha, conformada por surcos de maíz de 50 m de largo cada uno, separados a 1.05 m entre sí. La variable respuesta evaluada fue densidad de la maleza (plantas/m²). Las evaluaciones se realizaron un día antes de la aplicación y a los 30 días después de aplicados los tratamientos (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Los métodos de aplicación evaluados fueron los siguientes

Método común: La dosis utilizada en este método fue de 12 mL de herbicida por litro de agua (dosis recomendada); en cada preparación (bomba) de 15 litros de agua se agregaron 180 mL de herbicida equivalente a cuatro tapas del mismo envase. Para aplicar en campo se utilizó una técnica de doble pasada, esto consiste en aplicar primero un lado del surco y después el lado opuesto a éste, aplicando después las áreas entre surcos, a una velocidad irregular ya que al aplicar a ambos lados del surco requería detenerse en cada segmento del mismo. Este método es el más empleado por los agricultores de la región.

	Factor A: Herbicidas comerciales					
	LaFAM			Dasurquat		
Bloque 1	a1b3	a1b2	a1b1	a2b2	a2b3	a2b1
Bloque 2	a1b2	a1b3	a1b1	a2b3	a2b1	a2b2
Bloque 3	a1b1	a1b3	a1b2	a2b1	a2b3	a2b2
	Método común	Método alternativo	Testigo	Método común	Método alternativo	Testigo
Factor B: Método de aplicación						

Figura 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones en el área experimental.

Método alternativo: La dosis utilizada en este método es de 8 mL de herbicida por litro de agua, esto es una disminución de la dosis común de 4 mL, esto para minimizar el uso de herbicidas (Clarimón y Cortés, 2016). En cada preparación (bombada) de 15 litros de agua se agregaron 120 mL de herbicida equivalente a dos tapas y media aproximadamente del mismo envase. Para aplicar en campo se utilizó una técnica de aspersión continua elevando la boquilla a una altura de 30 cm para que el ángulo de aspersión cubriese más terreno, la aplicación se realizó a una velocidad de paso normal, caminando sin detenerse. Se aplicaron los surcos y después el espacio entre éstos.

Para determinar la densidad de la maleza se empleó una adaptación de la metodología de Viera y Escobar (2015). Se realizó un muestreo aleatorio dentro de las parcelas chicas, usando una cinta de color rojo y estacas, se marcó un área de 1 m x 1 m (1m²) después se contaron las plantas de cada especie dentro del área marcada.

El análisis de datos consistió en análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con el programa estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados mostró poca diversidad de especies arvenses encontradas en el cultivo, en contraste con lo que sucede en la zona donde se puede encontrar una gran diversidad de especies vegetales. Esto coincide con Lacasta (2003) quien afirma que el carácter selectivo de la mayoría de los herbicidas tiene como consecuencia una inversión de la flora espontánea, y una disminución del número de especies, con lo que las especies y el número de individuos de cada especie no tiene nada que ver con la diversidad biológica existente, ejemplo de esto son los hallazgos de Soltero *et al.* (2010) al evaluar la efectividad de cinco herbicidas en el control de malezas de hoja ancha, encontrando que las especies de malezas dominantes son muy limitadas, identificando únicamente cinco especies: *Amaranthus sp.*, *Chenopodium spp.*, *Portulaca oleracea*, *Physalis costomati* y *Euphorbia heterophylla*.

En el área de estudio, esta disminución de número de especies en las áreas de cultivo se verificó obteniendo el promedio de plantas m² por especie, en las 18 unidades experimentales, un día antes de la aplicación de los tratamientos (Figura 2).

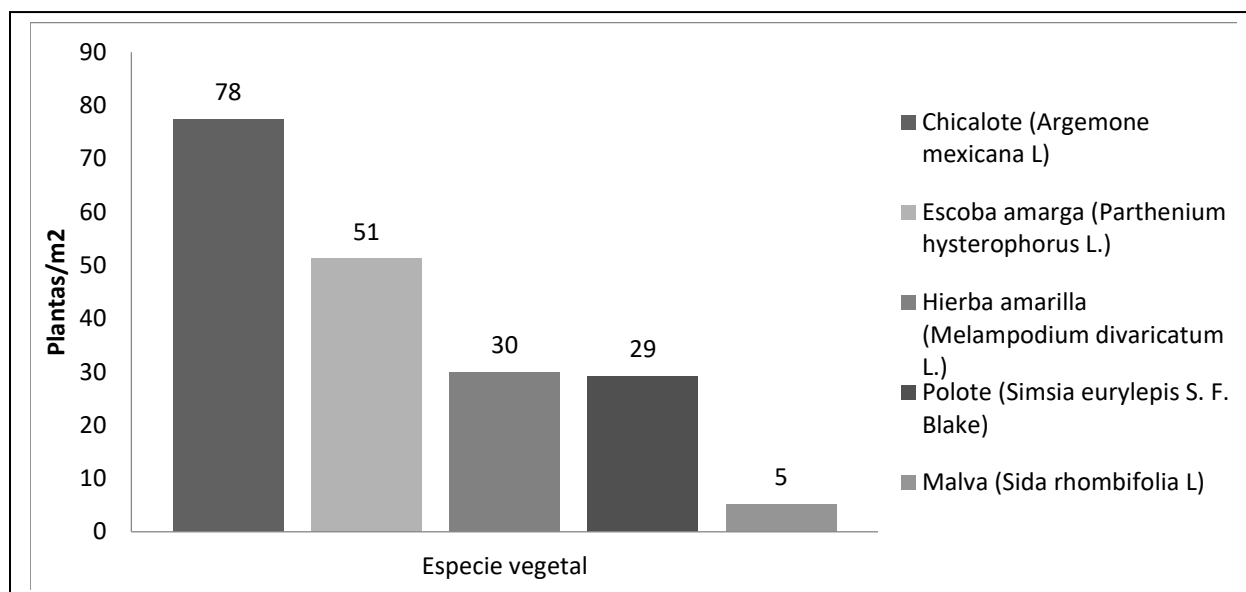


Figura 2. Promedio de plantas de maleza por metro cuadrado de cada especie al iniciar el experimento

Al inicio del experimento, se identificó que dos especies tenían más de 50 plantas m^2 , *A. mexicana* y *P. hysterophorus*. Dos especies más estaban presentes con más de 25 plantas m^2 , *M. divaricatum* y *S. eurylepis*, y sólo *Sida rhombifolia* presentaba 5 plantas m^2 . Datos coincidentes con Blanco y Leyva (2011) que reporta una densidad similar para *P. hysterophorus* con 52 plantas m^2 , mientras que para *A. mexicana* se reportan 10 plantas m^2 . En contraste, los datos recolectados treinta días después de la aplicación de los tratamientos, mostraron una reducción del número de plantas/ m^2 (Figura 3).

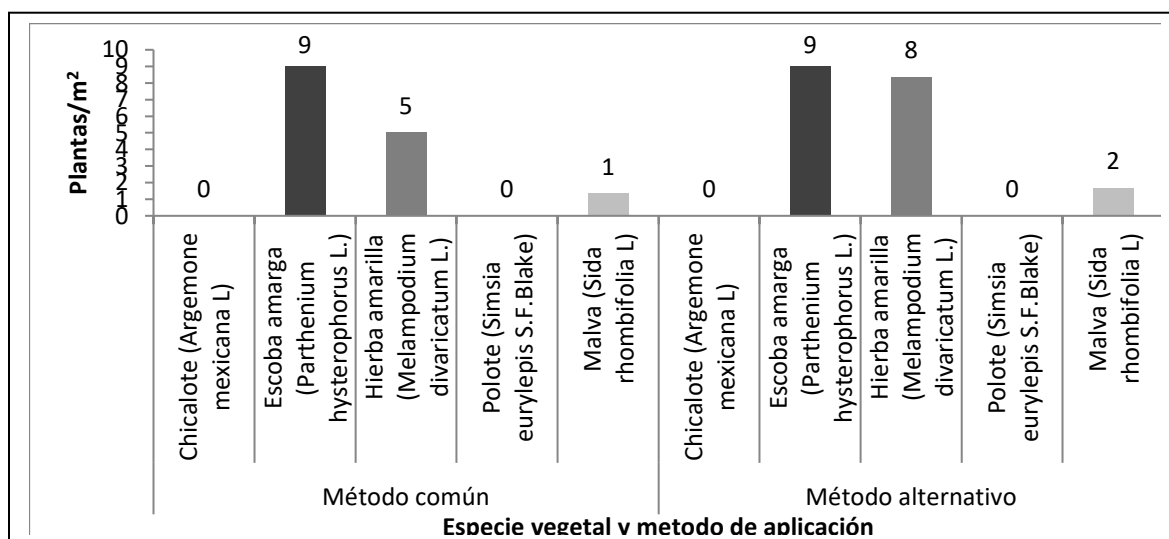


Figura 3. Promedio de plantas/ m^2 de cada especie, 30 días después de la aplicación de los tratamientos con el herbicida DasurQuat.

En consecuencia, al comparar los resultados de la Figura 2 y la Figura 3, se puede observar una efectividad del 83% y 84% para el control de *P. hysterophorus* y *M. divaricatum*, respectivamente. En el caso de *S. rhombifolia*, después de los treinta días de la aplicación de los tratamientos sólo se

encontró 1 planta m^2 , por lo que DasurQuat, aplicado con el método común tuvo una efectividad del 80%. Para las demás especies registró una efectividad del 100%.

El análisis de los datos del método alternativo mostró para *P. hysterothorus* y *M. divaricatum*, una efectividad de control de 83% y 74%, respectivamente. Mientras que para la especie *S. rhombifolia*, presentó una efectividad del 60% en el control de la maleza. La baja efectividad puede deberse a que es un herbicida de contacto y algunas plantas de las especies tratadas con estos herbicidas sobreviven debido a que estos ejercen su efecto únicamente sobre los tejidos con los cuales entran en contacto (Cárdenas *et al.*, 1975), ocasionando necrosis a las pocas horas de su aplicación y prácticamente no se transloca, lo que permite el rebrote de las malezas, que por su desarrollo no son cubiertas completamente con la solución del herbicida aplicado (Esqueda *et al.*, 2010).

En cuanto a la aplicación del herbicida La Fam, con ambos métodos se observó que después de treinta días, en el método común, sólo se observa una densidad de 1 planta m^2 de *P. hysterothorus* y 2 plantas m^2 de *M. divaricatum* (Figura 4); en ese sentido, si comparamos estos datos con la densidad de la maleza al inicio de los experimentos (Figura 2) se observa que el herbicida aplicado con el método común tiene una efectividad del 98% y 93% de control de cada especie de maleza, en el resto se observó una efectividad del 100%.

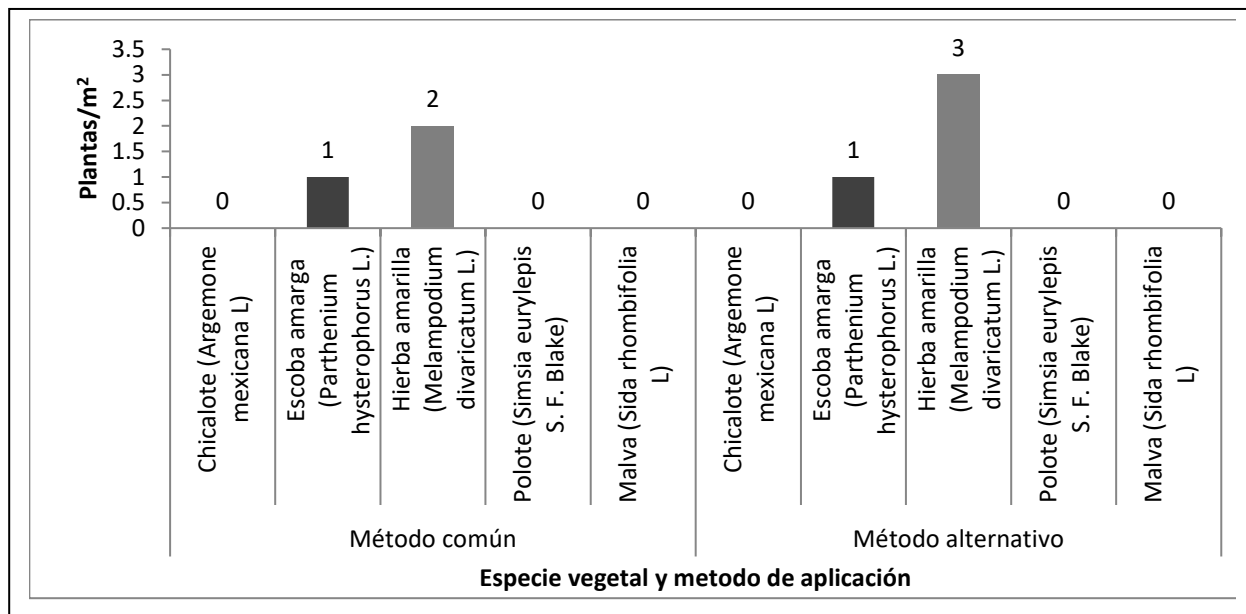


Figura 4. Gráfica del promedio de plantas m^2 de cada especie 30 días después de la aplicación de los tratamientos con el herbicida La Fam.

En el método alternativo se observó una densidad promedio de 1 planta m^2 de *P. hysterothorus* y 3 plantas m^2 de *M. divaricatum* lo cual indica que el herbicida aplicado con este método presentó una efectividad del 98% y 90% en el control de cada especie, respectivamente. Este herbicida es de acción sistémica y los datos del control de malezas de este experimento son similares a los obtenidos por Alcántara *et al.* (2017) donde destaca que el ingrediente activo metribuzina, el cual también es de acción sistémica tiene un excelente control sobre todas las especies de malas hierbas presentes, alcanzando valores de control entre el 90 y el 100%. Lo cual indica que los herbicidas de acción sistémica tienen un porcentaje más elevado de efectividad en el control de malezas.

En términos generales el herbicida de contacto, aplicado con el método común, tuvo una efectividad del 92%, mientras que el método alternativo controló 88% de la maleza. Cabe destacar que, en ambos métodos de aplicación, 60 días después de la aplicación, la densidad de malezas se había duplicado probablemente debido a las razones reportadas por Esqueda *et al.* (2010) y que se discutieron previamente. El La Fam aplicado con el método común alcanzó una efectividad del 99% en el control de malezas mientras que con el método alternativo registró una efectividad del 98% en el control de malezas y mantuvo un buen control después de 60 días, lo cual concuerda con los resultados como el Castañeda (2011), Lescano *et al.* (2017) e INTAGRI (2017).

El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas entre métodos de aplicación (Figura 5), es decir cómo ya se ha discutido previamente, se pueden reducir la dosis y se tiene la misma efectividad en el control de arvenses; mientras que, entre tipos de herbicidas, si hubo diferencias significativas (Figura 5), ya que el de acción sistémica tuvo mayor efectividad de control que el de contacto.

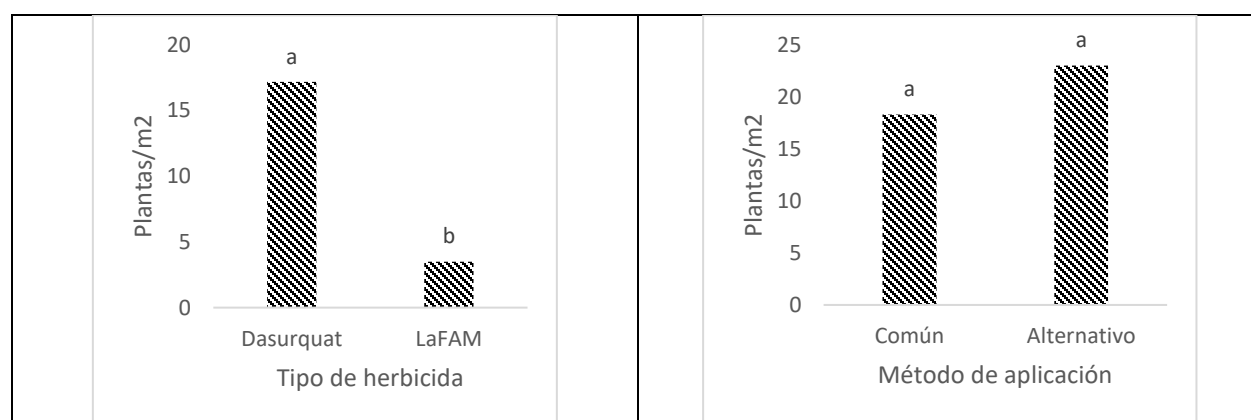


Figura 5. Densidad de maleza / m² con dos métodos de aplicación y dos tipos de herbicida. Tratamientos con la misma letra no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey $\alpha = 0.05$).

CONCLUSIONES

El herbicida DasurQuat (contacto) tiene una efectividad del 92% con el método común, mientras que con el método alternativo su eficacia es del 88%, el herbicida La Fam (Herbicida sistémico) tiene una efectividad del 99% con el método común, mientras que con el método alternativo su eficiencia es del 98%.

LITERATURA CITADA

Alcántara, C., Pedraza, V., Saavedra, M., Castilla, A. y Perea, F. 2017. Evaluación de la eficacia y fitotoxicidad de herbicidas de post-emergencia en habas. XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña. Recuperado el 15 de abril de 2021 de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/27167/P3.6.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwiUirzG9IDwAhVCcq0KHAYBC71QFjANegQIERAC&usg=AOvVaw28wSsCDBky2SNQc9LoO4yf>

- Alvear, M., López R., Rosas A., Espinoza, N. 2000. Efecto de la Aplicación de Herbicidas en Condiciones de Campo Sobre Algunas Actividades Biológicas. Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D Temuco. Recuperado el 30 de marzo del 2021 de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v6n1/art07.pdf>
- Arellano, O. y Rendón, J. 2016. La huella de los plaguicidas en México. Greenpeace. Recuperado el 30 de marzo de 2021 de <https://ep00.epimg.net/descargables/2016/05/16/ae8ea231e129f8203521ca66855e8055.pdf>
- Blanco, Y. y Leyva, A. 2011. Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Recuperado el 21 de abril de 2021, de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v32n2/ctr05211.pdf>
- Cárdenas, J., Doll, J. y Romero, C. 1975. Clasificación de herbicidas. Instituto Colombiano Agropecuario. pp. 1-14. Recuperado el 22 de febrero de 2021 de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Digital/66943_Clasificacion_de_herbicidas.pdf&ved=2ahUKEwjspdKSzIXvAhUQKKwKHbJ5B1YQFjAmegQIhAC&usg=AOvVaw1NWm8i-qT94T34cJt2LCup
- Castañeda, C. 2011. Control post emergente de coquillo (*Cyperus* spp.) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con sempra 75 gd en cd. Cardel Veracruz, México. Gowan Mexicana SAPI de CV. Recuperado el 15 de abril de 2021 de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/1.-MALEZAS-Y-EDAFOLOG%25C3%258DA.pdf&ved=2ahUKEwjgnvzr-YDwAhULLKwKHRepC1wQFjAGegQIBxAC&usg=AOvVaw2nWXz1u-P1UdXKGdN08TVj>
- CEDRSSA. 2020. Uso y regulación de herbicidas en México. Investigación del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Palacio legislativo de San Lázaro, México. Recuperado el 19 de febrero de 2021 de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/76Herbicidas.pdf&ved=2ahUKEwiBta3y043wAhUC26wKHS_SD60QFjABegQIARAG&usg=AOvVaw08WCSRgkFsl987dL4v7e2
- Clarimón, L. y Cortés, A. 2016. Alternativas al uso de glifosato y otros herbicidas de síntesis química. CCOO Aragón - Departamento de Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.ccoo.es/cf089f5ee22ced87a15305a825155072000051.pdf&ved=2ahUKEwibqZG-z7fuAhUR5awKHS0RBScQFjAKegQIBRAB&usg=AOvVaw2VA6rBeSRuH05g5XuUbqlx&cshid=1611596236838>
- Esqueda, V., Rosas, X. y Becerra, E. 2010. Evaluación de herbicidas residuales para el control de malezas en guanábana (*Annona muricata* L.). Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.16 no.1 Chapingo. Recuperado el 21 de abril de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000100002
- Gutiérrez, W, Morán, J, Daboin, B, Ferrer, J, Medina, B, y Villalobos, Y. 2002. Evaluación de diferentes herbicidas sobre el control de malezas, desarrollo, rendimiento y beneficio neto relativo del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz bajo las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía, 25(1), 26-42. Recuperado el 01 de febrero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000100002&lng=es&tlng=es

- INTAGRI. 2017. Manejo de Malezas en la Agricultura Orgánica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 16. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Consultado en <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/manejo-de-malezas-en-la-agricultura-organica>
- Lacasta, C. 2003. Colección de Ciencia y Técnica no. 41: ALTERNATIVAS AL USO DE HERBICIDAS. P 175-193. Recuperado de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://digital.csic.es/bitstream/10261/16786/1/2001%2520Alternativas%2520al%2520uso%2520de%2520herbicidas.pdf&ved=2ahUKEwiOutK-rbDuAhVFIKwKHRXzCCgQFjAKegQIBhAB&usg=AOvVaw3R-ds-UIWfWhdxiD-SMLJd&cshid=1611355219369>
- Lescano, M., Faccini, D., Puricelli, E. y Nicolari, A. 2017. Evaluación de la eficacia de distintos herbicidas preemergentes selectivos para cultivos de soja y maíz en *Chloris virgata* Sw. Agromensajes, p. 5-7. Recuperado el 16 de abril de 2021 de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2017/09/Art01_Agromensajes48_agosto2017.pdf&ved=2ahUKEwjV0dmrnYPwAhWFTDABHcMDD3oQFjAJegQIGRAC&usg=AOvVaw0REmJBQ4PpiQFz8Mphpfyc
- Mascorro, R., Ferguson, B., Perales, H y Charbonnier, F. 2019. Herbicidas en la milpa: Estrategias de aplicación y su impacto sobre el consumo de arvenses. Ecosistemas y recur. agropecuarios [online]. vol.6, n.18, pp.477. Consultado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282019000300477&lng=es&nrm=iso&tlng=es#B21
- Soltero, L, Pérez, J, y Valencia, A. 2010. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) de riego en la región Ciénaga de Chapala, México. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(2), 85-88. Recuperado en 21 de abril de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000200015&lng=es&tlng=es.
- Viera, F. y Escobar, L. 2015. Evaluación de mezclas de herbicidas en el control de arvenses en el cultivo de caña de azúcar en tres tipos de suelos de majibacoa, las tunas. Ministerio de Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cultivos Tropicales, vol. 36, no. 1, pp. 122-128. Recuperado el 06 de abril de 2021 de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr16115.pdf>
- Zúñiga, E. 2010. Diseño en parcelas divididas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamaya. Ayacucho, Perú. Recuperado el 01 de febrero de 2021 de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://estadistica.260mb.com/Efrain_DPD.pdf&ved=2ahUKEwi-0PepgcruAhURmuAKHWXxDb0QFjACegQIGBAB&usg=AOvVaw2uURUjMO1fRNF3yLbnkDLv

GRADO DE CONOCIMIENTO DE TOXICIDAD AMBIENTAL DEL GLIFOSATO DE POBLADORES DEL PUERTO DE VERACRUZ

José Axel Solano-Aguileta¹
Karla Teresa González-Figueroa¹
Francisco Osorio-Acosta¹
Alejandra Ramírez-Martínez¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz
ramirez.alejandra@colpos.mx

RESUMEN

El glifosato es el agroquímico más usado a nivel mundial. Diversas fuentes plantean que no es tóxico al ambiente, sin embargo, distintas investigaciones han encontrado repercusiones en organismos que están expuestos a él. Ya que varios procesos de toma de decisión sobre política pública se han realizado mediante consultas ciudadanas, es deseable saber qué tanto conoce la población sobre este plaguicida. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue valorar el grado de conocimiento en el área urbana del municipio de Veracruz sobre la toxicidad ambiental del glifosato. Para lograr este objetivo se realizó una encuesta de 12 preguntas divididas en dos secciones: conocimiento general del glifosato (clasificación química y uso), así como del conocimiento sobre su toxicidad ambiental. El cuestionario se aplicó vía internet a un número total de 123 personas al azar en la ciudad de Veracruz, teniendo como principal criterio de inclusión la mayoría de edad. El análisis de datos reveló que aproximadamente 50% de la población ha escuchado hablar del glifosato. Además, se detectó un mayor conocimiento general del herbicida y menor conocimiento de su toxicidad ambiental.

Palabras clave: agroquímico, controversia, organismos

INTRODUCCIÓN

El glifosato (N-fosfonometil glicina) es uno de los herbicidas más utilizados en Estados Unidos y otros países desarrollados (Borggaard y Gimsing, 2008). Su principal uso es en el control de maleza en la agricultura industrial, estimándose que se aplican de 1.5 a 4.3 kg/ha (Arellano-Aguilar y Rendón, 2016). Este agroquímico también se emplea en el control de malas hierbas en áreas industriales, y jardines públicos y privados (Mac Loughlin *et al.*, 2017; Valavanidis, 2018). De acuerdo a Salazar-López y Aldana-Madrid (2011), los herbicidas e insecticidas constituyen los plaguicidas más consumidos en México, aunque no se cuenta con cifras exactas sobre el volumen de herbicidas aplicados en agricultura, ni del volumen usado en los hogares del país.

En México comenzó un proceso para sustituir gradualmente el glifosato hasta su total eliminación en el 2024 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021). Ya que varios procesos de toma de decisión sobre política pública se han realizado mediante consultas ciudadanas, se consideró deseable saber qué tanto conoce la población sobre este plaguicida. Esta opinión depende de los medios consultados y del grado de interés en el tema. Es importante mencionar que la toxicidad del plaguicida es discutida de manera general en los medios de comunicación, sin mencionar que la toxicidad de cualquier sustancia química depende de la cantidad utilizada. Por ejemplo, de acuerdo al artículo periodístico publicado con información de la Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos (UMFFAAC, 2020), el glifosato es un “producto de bajo impacto ambiental y toxicidad”, el cual no es volátil, ni residual, ni se filtra a los mantos freáticos. Sin embargo, algunos trabajos científicos han reportado que este agroquímico puede afectar la calidad de los suelos y a los

organismos acuáticos. En el primer caso, se ha consignado que este herbicida puede ser transportado al suelo y competir con el fósforo (Bott *et al.*, 2011). En el segundo caso, se ha detectado su presencia en el hígado y riñón de peces, generando alteraciones que dependen no sólo de la concentración de glifosato sino de la especie, organismo y tiempo de exposición (Frontera *et al.*, 2011; Jiraungkoorskul *et al.*, 2002; Lajmanovich *et al.*, 2011). Como se mencionó anteriormente, el nivel tóxico del mismo en el ambiente es directamente proporcional a la exposición de las especies a este herbicida (suelo u organismos acuáticos), lo que, a su vez, depende de la cantidad de glifosato (dosis), entre otros factores (Camino y Aparicio, 2010). Es por ello que cuando las proporciones utilizadas en los campos de cultivo son elevadas (por encima de las dosis recomendadas), se aumenta no sólo la exposición de organismos del suelo y cuerpos de agua cercanos, sino que también se incrementa la exposición y riesgo de la población que consume los cultivos en los que el herbicida fue aplicado en exceso. Otra consecuencia del uso de altas dosis de glifosato en el ambiente, es el desarrollo de resistencia de plagas que afectan a cultivos (Molina-Morales *et al.*, 2012).

Considerando que existen discrepancias en la información disponible sobre la toxicidad del glifosato, y que la población puede tener poco interés en este tema, el objetivo del presente trabajo fue valorar el grado de conocimiento en el área urbana del municipio de Veracruz sobre la toxicidad ambiental del glifosato. La información generada aportará conocimiento sobre un tema en el que existe poca información al día de hoy.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La encuesta fue aplicada en una muestra de la población urbana de la ciudad de Veracruz, la cual se encuentra ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, en la región conocida como Sotavento. El municipio de Veracruz cuenta con una población total de 607, 209 habitantes (47.4% hombres y 52.6% de mujeres), de la cual 75.61% es mayor de 18 años. Los habitantes de 18 a 24 años constituyen el 14.50% de esta población; mientras que los de 25 a 59 años son el 66.36% y la población mayor de 60 años representa el 19.14%. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el promedio de escolaridad en el municipio es de 10.6 años (nivel bachillerato) (INEGI, 2021; INEGI, 2009).

Instrumento de captación de información empleado

Se realizó un cuestionario con 12 preguntas. Las cuales incluían aspectos sobre el conocimiento general de la población sobre el glifosato (clasificación, uso, prohibición del herbicida en el país), grado de toxicidad ambiental del mismo y medios de comunicación consultados para obtener información sobre este agroquímico por la población encuestada. También se incluyeron preguntas referentes a los datos generales de los encuestados (edad, sexo, nivel socioeconómico, nivel educativo y ocupación), sin considerarse el nombre de los participantes ya que fue anónimo. El cuestionario fue aplicado en línea y fue creado mediante el software Google Forms. Este instrumento estuvo disponible en los meses de abril y mayo de 2021 y sólo fue aplicado a personas mayores de edad.

Indicadores

Se analizó el nivel de conocimiento general del glifosato y el nivel de conocimiento de la toxicidad ambiental del mismo. En el primer caso, se indagó el conocimiento de la población con base al tipo de agroquímico que es el glifosato y su uso (preguntas 4 y 5). La segunda sección, midió el nivel del conocimiento de la toxicidad ambiental del herbicida con respecto al impacto que genera al ambiente (preguntas 7-11). Las preguntas sobre la toxicidad del glifosato se dividieron en tres tópicos: opinión sobre el impacto del parasitocida en el ambiente, conocimiento sobre los impactos del mismo en el

ambiente y organismos, y conocimiento sobre la correlación entre dosis y toxicidad. En el caso de la toxicidad del glifosato al ambiente, se formularon dos preguntas similares con el objetivo de corroborar las respuestas de los encuestados y eliminar sesgos respecto a si el herbicida era tóxico para el ambiente. La primera pregunta constaba de tres respuestas posibles (impacto negativo, positivo, sin efecto), y la segunda pregunta se contestaba con una escala Likert.

En base al número de respuestas correctas, se calculó un índice del conocimiento general del glifosato y de la toxicidad ambiental del mismo. De acuerdo a estos índices, se elaboró una escala con cuatro rangos: sin conocimiento (SC) (0-0.25), conocimiento básico (CB) (0.26-0.5), conocimiento medio (CM) (0.51-0.75) y conocimiento profundo (CP) (0.76-1).

Análisis de los datos

El análisis de clúster se realizó con el método de Ward como medida de agrupamiento y a la distancia euclidiana como medida de distancia. Todos los análisis de estos datos se hicieron mediante el software RStudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población encuestada

La encuesta se aplicó a 123 individuos con las características deseadas (mayores de edad y habitantes de la ciudad de Veracruz). El cuestionario fue completado por 75 mujeres y 48 hombres, lo que corresponde al 61% y 39% del total de encuestados, respectivamente. Esta proporción es cercana a la que existe de mujeres y hombres mayores de 18 años en la ciudad de Veracruz (53.74% y 46.25%, respectivamente) de acuerdo a lo registrado en el último Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020). La media de edad de la población encuestada fue de 32 años. Las proporciones de jóvenes (18-24 años) y adultos (25-59 años) participantes, fueron ligeramente mayores que los valores registrados en el mismo Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020) con 14.5% y 66.36%, respectivamente; mientras que la proporción de personas mayores de 60 años fue menor (3.25% vs 19.14%). Lo anterior denota que la encuesta fue contestada principalmente por adultos jóvenes y que en la misma hubo una menor representación de la población mayor de 60 años. A pesar de esto, este sector tuvo una buena representación.

En el Cuadro 1 se observa que el nivel de escolaridad (NE) de los participantes fue alto en comparación con el nivel medio de la población total (bachillerato): 51.2% contaba con nivel licenciatura, 26% con maestría, 4.9% con doctorado, 12.2% con bachillerato y 5.7% con secundaria. El 81.3% de los encuestados identificó su nivel socioeconómico (NS) como medio, 17.9% bajo y 1% como alto. En cuanto a la ocupación de los participantes, la mayoría declaró ser profesionista (35.8%), seguido por la categoría estudiante (24.4%), docente (9.8%), trabajador (8.9%), comerciante (6.5%), empresario (5.7%), funcionario público (2.4%), desempleado (2.4%), ama de casa (2.4%), investigador (0.8%) y jubilado (0.8%).

Principales medios consultados para obtener información sobre el glifosato y población que ha escuchado hablar de él

En el Cuadro 1 se muestran las características generales de los encuestados en función de si han escuchado hablar del glifosato o no. Es notable que todos aquellos con grado de doctorado han escuchado hablar del glifosato (lo que puede explicarse por el origen de la encuesta) y que la proporción de individuos que no han tenido noticias de este herbicida es alta (prácticamente el 50% de la población total).

Cuadro 1. Características de la población que ha escuchado hablar y no del glifosato.

	Ha escuchado hablar del glifosato (56.1%)	No ha escuchado hablar del glifosato (43.9%)
Género	M: 62.3%, H:37.7%	M: 57.4%, H:42.5%
Nivel de estudios	Secundaria (2.44%), Bachillerato (6.50%), Licenciatura (25.50%), Maestría (17.07%), Doctorado (4.88%)	Secundaria (3.25%), Bachillerato (5.69%), licenciatura (26.02%), Maestría (8.94%)
Edad	18-24 años (11.38%), 25-59 años (41.46%), ≥60 años (3.25%)	18-24 años (7.32%), 25-59 años (36.59%)

La encuesta reveló que la población que está enterada sobre el glifosato lo ha hecho principalmente a través del internet (57.9%), seguido por medios impresos tales como revistas, periódicos o folletos (40.8%). También han obtenido información sobre el parasitocida a través de redes sociales (Facebook, Twitter) (26.3%), un familiar o conocido (18.4%), la televisión (7.9%), la radio (2.6%) y otros (20.8%), entre los cuales mencionaron la escuela o trabajo. Esta población reportó que consulta medios impresos para obtener información (revistas, periódicos y folletos), lo que puede explicarse por su grado de escolaridad y el medio en el que se desenvuelven. Estos datos, aunados a las características de la población que señalo haber escuchado o no del glifosato (Cuadro 1) sugirieron dos hechos importantes: a) a mayor nivel de estudios han obtenido más información del herbicida y b) la edad no es un factor que afecte el tener acceso a la misma, mientras que el medio en el que se desenvuelve el individuo sí.

Análisis de la relación entre el conocimiento general y del impacto toxicológico en el ambiente y las otras variables investigadas (población que ha escuchado hablar del glifosato)

La Figura 1 contiene los grupos identificados a partir de un análisis de clúster de los datos obtenidos de los participantes que respondieron haber escuchado sobre el glifosato y que tenían conocimiento general de éste (N=62), y el Cuadro 2 muestra el detalle de las respuestas por cada clúster identificado.

Como se puede observar en la Figura 1, el análisis de clúster reveló cuatro grupos. Es posible notar que la opinión de los encuestados sobre la toxicidad del glifosato al ambiente (TA), influyó fuertemente en esta división ya que los individuos agrupados en los grupos 2, 3 y 4 consideraron que este herbicida no es tóxico al ambiente y los individuos del grupo 1 opinaron en su mayoría que sí.

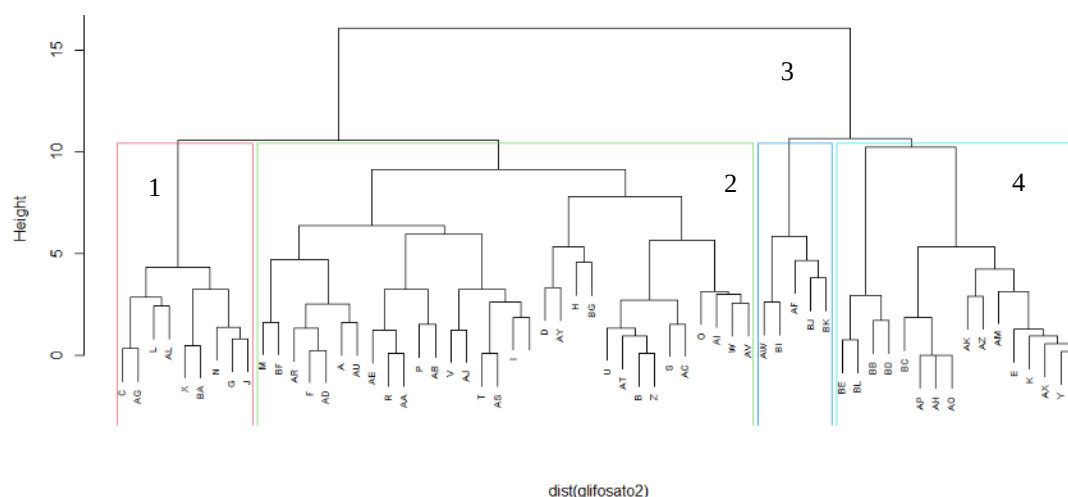


Figura 1. Dendrograma en base a las respuestas de los participantes de la encuesta sobre el glifosato.

El análisis también mostró que los individuos que han escuchado hablar del glifosato, pero con menores niveles de conocimiento sobre la toxicidad del glifosato [sin conocimiento (SC) y conocimiento básico (CB)], fueron la mayor proporción de personas que mencionaron no conocer los efectos tóxicos del glifosato, mientras que las personas con mayor nivel de conocimiento respondieron sí conocer los efectos tóxicos de este agroquímico. Al relacionar este fenómeno con la opinión de sí el glifosato es tóxico al ambiente, se observó una tendencia similar: una alta proporción de personas que declararon conocer efectos tóxicos del herbicida al ambiente lo consideraron tóxico a éste (51.6% de la población que señaló había escuchado hablar del glifosato), seguido por aquellos que no conocen efectos tóxicos de dicho agroproducto o que no estaban seguros, pero que igualmente lo consideraron tóxico (12.9% y 19.3%, respectivamente).

Cuadro 2. Resultados de las respuestas de los grupos identificados en el análisis de clúster.

	Edad (años)	Sexo	NS ¹	NE ²	CTA ³	TA ⁴	CE ⁵	Eliminación ⁶	Difusión ⁷
Grupo 1	22-33		0%	Bachillerato	CM	Sí	Sí	Sí (44.4%);	Sí
		Mujer	Nivel	(11.1%);	(100%)	(100%);	(100%);	No (55.6%)	(100%);
		33.3%	medio;	Licenciatura		No (0%)	No (0%);		No (0%)
		Hombre	100%	(55.6%);			No sé		
Grupo 2	19-69		Nivel	Maestría			(0%)		
		66.7%	bajo	(33.3%);					
		Mujer	96.8%	Secundaria	CB	Sí	Sí	Sí (65.6%);	Sí
		62.5%	Nivel	(3.1%);	(6.3%);	(87.5%);	(68.8%);	No (34.4%)	(100%);
Grupo 3	18-32		Medio;	Bachillerato	CM	No	No		No (0%)
		Hombre	3.12%	(6.2%);	(75%);	(12.5%)	(15.6%);		
		37.5%	Nivel	Licenciatura	CP		No sé		
			bajo	(25%);	(18.7%)		(15.6%)		
Grupo 4	20-57			Maestría					
				(46.8%);					
				Doctorado					
				(18.7%)					
Grupo 5	18-32		80%	Secundaria	SC	Sí	Sí	Sí (0%); No	Sí (0%);
		Mujer	80.0%	(20%);	(20%);	(60%);	(20%);	(100%)	No
		Hombre	20%	(60%);	(60%);	(40%)	(40%);		(100%)
		20.0%	Nivel	Maestría	CP		No sé		
Grupo 6	20-57		bajo	(20%);	(20%)		(40%)		
		Mujer	93.7%	Bachillerato	SC	Sí	Sí (0%);	Sí (0%); No	Sí
		68.7%	Nivel	(6.3%);	(31.2%);	(75%);	No	(100%)	(100%);
		Hombre	6.3%	(93.7%);	(31.2%);	(25%)	(43.8%);		No (0%)
Grupo 7	20-57		Nivel	Licenciatura	CB	No	No sé		
		31.3%	medio;	(93.7%);	(31.2%);	(25%)	(56.2%)		
			Nivel		CM				
			bajo		(37.6%)				

¹Nivel socioeconómico; ²Nivel de estudios; ³Clasificación del nivel de conocimiento de la Toxicología del glifosato [SC (sin conocimiento), CB (conocimiento básico), CM (conocimiento medio), CP (conocimiento profundo)];

⁴Respuestas a la pregunta: ¿Considera que el glifosato es tóxico al ambiente; ⁵Respuestas a la pregunta: ¿Conoce los efectos tóxicos del glifosato al ambiente?; ⁶Respuestas a la pregunta: ¿Sabe usted que el México planea eliminar gradualmente al glifosato?; ⁷Respuestas de la pregunta: ¿Considera que los temas relacionados al glifosato requieran mayor difusión?

Ambos fenómenos sugieren que esta población de la muestra está formada por personas que consideraron que el glifosato es tóxico al ambiente basados en su conocimiento (grupo 1 y grupo 2, Cuadro 2), mientras que otra parte de la población asumió que el agroquímico es tóxico sin tener un conocimiento de esto (grupo 3 y 4, Cuadro 2). Vaccarezza (2015) reportó un fenómeno similar. Al encuestar a 667 individuos y preguntarles sobre el impacto de los agroquímicos en el ambiente, encontró que el 71.4% estaban convencidos de su impacto negativo, aún sin tener conocimiento sobre ello. Vaccarezza (2015) interpretó este comportamiento como fatalista ya que la percepción predominante con respecto a la tecnología de los agroquímicos es que era perjudicial para la salud y el medio ambiente (57.6%), sin que al inicio de la encuesta la población asumiera una posición en particular, ya que desconocía cuáles eran sus efectos.

Conocimiento de los individuos que no habían escuchado hablar del glifosato sobre el uso y naturaleza del mismo (conocimiento general)

Al analizar las respuestas de la encuesta separándolas en función de aquellos que habían escuchado hablar del glifosato o no, se observó que la mayoría de los primeros (95.12%) conocían tanto la naturaleza como el uso del herbicida, mientras que los encuestados que no habían escuchado hablar del mismo dieron, tanto respuestas correctas, como incorrectas, lo que sugiere que éstos intuyeron las respuestas ciertas. Dentro de las respuestas incorrectas emitidas por estos encuestados se encontró que el glifosato es un fertilizante (12.2%), un insecticida (11.4%) y un producto de limpieza (5.7%). Estas respuestas coincidieron con los usos mencionados por los mismos encuestados: limpieza (6.5%); para matar insectos (13.8%) y como suplemento en los cultivos (13.8%).

Relación del conocimiento de efectos tóxicos del glifosato en el ambiente y la toxicidad ambiental del mismo

La Figura 2 corresponde a dos gráficos que muestran la proporción de individuos que consideraron que el glifosato es tóxico al ambiente y que mencionaron conocer o no algún efecto de éste al ambiente considerando tanto a las personas que no han escuchado hablar del glifosato como de aquellas personas que sí. Como se mencionó en la sección anterior, el grupo de las personas que habían tenido noticias del glifosato estuvo conformado por una mayoría que consideró que ese agroquímico era tóxico al ambiente (Figura 2B) y de niveles de conocimiento de la toxicidad del glifosato medio y profundo (Cuadro 2), lo que sugiere que la opinión de estos individuos respecto a la toxicidad, está basada en el conocimiento. Como era de esperarse, la mayoría de las personas que declararon no haber escuchado del glifosato mencionaron no conocer algún efecto tóxico de éste al ambiente (Figura 2A), sin embargo, en lugar de declarar que no era tóxico al ambiente (ya que no tienen conocimiento), dieron, en su mayoría, una respuesta neutra en cuanto a si lo consideraban tóxico (53.7%). El análisis de la relación del conocimiento de efectos tóxicos del glifosato en el ambiente y la toxicidad ambiental del mismo también reveló que algunos individuos consideraron tóxico al glifosato sin tener conocimiento sobre efectos tóxicos de este, actitud ya observada por Vaccarezza (2015). La proporción de estos individuos fue similar tanto en aquellos que no habían escuchado hablar del glifosato como a los que no les había sucedido esto (aproximadamente 12% en ambos casos).

Interés en obtener información sobre el glifosato

La opinión de la población se ha convertido en parte de consultas ciudadanas. Esto impacta la política pública del país por lo que es importante que la población tenga conocimiento sobre el glifosato. Tanto la población que señaló que había escuchado hablar del mismo, como aquellos que no, coincidieron con esta necesidad de información, ya que el 72.4% de la población total consideró que es necesario dar mayor difusión a este tema. Las razones externadas para dar más difusión al glifosato y sus efectos en el medio ambiente incluyen la importancia de estar informados acerca de un tema que no conocen y dar a conocer los efectos que causa al ecosistema y la salud. Esto último, con el objetivo de que las personas que lo utilicen estén capacitadas sobre las medidas de uso y sus efectos en el ambiente.

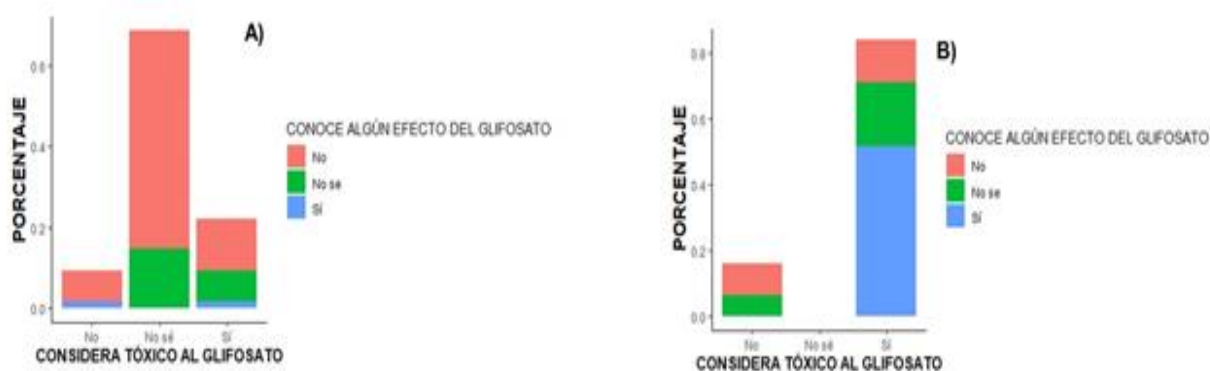


Figura 2. Proporción de encuestados que consideraron tóxico al glifosato y conocen algún efecto de éste: A) personas que no habían escuchado hablar del herbicida y B) personas que sí tenían noticias del mismo.

CONCLUSIONES

El análisis de las encuestas aplicadas a una muestra de la población de la ciudad de Veracruz mostró que aproximadamente 50% de la misma había o no escuchado hablar del glifosato. Y se detectaron tanto diferencias como similitudes en ambos grupos. Dentro de las segundas, se identificó un comportamiento fatalista en los dos grupos, interpretándose esto como aquel caso en el que individuos que reconocieron no tener conocimiento sobre la toxicología de un agroquímico, pero lo consideraron tóxico. Una diferencia significativa fue que todas las personas encuestadas con nivel de estudios de doctorado mencionaron haber recibido información sobre glifosato. Asimismo, la mayoría de las personas que les ocurrió esto mostraron un conocimiento de la toxicología en niveles de medio a profundo. El análisis de los cuestionarios aplicados también indicó que la mayor parte de la población encuestada consideró que debe existir más difusión de temas relacionados con el glifosato, citando el hecho de que las personas que lo utilicen estén capacitadas en las medidas de uso y sus efectos en el ambiente.

LITERATURA CITADA

- Arellano-Aguilar, O., y Rendón, J. 2016. La huella de los plaguicidas en México. Greenpeace, 1, 21. http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Graficos/2016/comida-sana/Plaguicidas_en_agua_ok_EM.pdf
- Borggaard, O. K. and Gimsing, A. L. 2008. Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 64(4), 441–456.
- Bott, S., Tesfamariam, T., Kania, A., Eman, B., Aslan, N., Römheld, V., and Neumann, G. 2011. Phytotoxicity of glyphosate soil residues re-mobilised by phosphate fertilisation. *Plant and Soil*, 342(1), 249–263.
- Camino, M., y Aparicio, V. 2010. Aspectos ambientales del uso de Glifosato. *Estación Experimental Balcarce. Ediciones INTA*, 114.

- Frontera, J. L., Vatnick, I., Chaulet, A., and Rodríguez, E. M. 2011. Effects of glyphosate and polyoxyethylenamine on growth and energetic reserves in the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(4), 590–598. <https://doi.org/10.1007/s00244-011-9661-3>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Veracruz, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30193. *INEGI*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2021. Panorama sociodemográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave Censo de Población y Vivienda 2020 Instituto Nacional de Estadística y Geografía Panorama sociodemográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave. Censo de Población y Vivienda 2020.
- Jiraungkoorskul, W., Upatham, E. S., Kruatrachue, M., Sahaphong, S., Vichasri-Grams, S., and Pokethitiyook, P. 2002. Histopathological effects of Roundup, a glyphosate herbicide, on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science Asia*, 28(3), 121–127.
- Lajmanovich, R. C., Attademo, A. M., Peltzer, P. M., Junges, C. M., and Cabagna, M. C. 2011. Toxicity of four herbicide formulations with glyphosate on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles: B-esterases and glutathione S-transferase inhibitors. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 60(4), 681–689.
- Mac Loughlin, T. M., de Castro, M. C., López Aca, V., Orofino, A., Davidovich, I., Bernasconi, C., Alonso, L., Etchegoyen, A., Peluso, L., y Marino, D. 2017. La química ambiental como herramienta de transformación social: glifosato en espacios públicos urbanos y propuestas para su prohibición. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT 2017.
- Molina-Morales, Y., Flores-García, M., Balza-Quintero, A., Benítez-Díaz, P., y Miranda-Contreras, L. 2012. Niveles de plaguicidas en aguas superficiales de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela, entre 2008 y 2010. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(4), 289–301.
- Salazar-López, N. J., y Aldana-Madrid, M. L. 2011. Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *BIOtecnia*, 13(2), 23–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.83>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2021. Con la eliminación gradual del glifosato, México avanza en la defensa de la vida: Semarnat. 4 de Febrero de 2021.
- Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos. 2020. El Glifosato: qué es y su importancia para el campo. <https://umffaac.org.mx/boletin-webinar-umffaac/>
- Vaccarezza, L. S. 2015. Incertidumbre, ambivalencia y confianza. Percepción social del riesgo de contaminación por agroquímicos. *Redes*, 21(40), 15–40.
- Valavanidis, A. 2018. Glyphosate, the most widely used herbicide. *Scientific Reviews*.

RENDIMIENTO DE MAÍZ AMARILLO DURO EN HÍBRIDOS TRILINEALES, PERÚ

Fátima Magali Báez-Romas¹

Fernando López-Morales²

Gregorio Hernández-Salinas¹

Delfino Reyes-López³

Genaro Pérez-Jiménez⁴

Claudia García-Sánchez⁵

Araceli López-Martínez⁶

Rosa Isela Castillo-Zamudio⁷

¹Tecnológico Nacional de México-Campus Zongolica, Veracruz

²Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), *Eco Campus* Valsequillo

³Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

⁴Campo Experimental San Martinito, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

⁵Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo

⁶Universidad Tecnológica de Puebla, Ingeniería en Energías Renovables, Puebla

⁷Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz

fernando.lopez@colpos.com

RESUMEN

El rendimiento de grano es la característica más importante a considerar cuando se realizan evaluaciones de maíz en diferentes localidades, ya que los efectos ambientales (E) cuentan con el mayor porcentaje de la suma de cuadrados sobre los genotipos (G) y la interacción genotipo-ambiente (GE). El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento de grano de 36 híbridos de maíz amarillo duro adaptados al área costera y de sierra del Perú. Ya que el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz desea que sus materiales sean de mayor rendimiento para poder recomendarlos a los productores de las zonas evaluadas. El material genético evaluado incluyó a 29 híbridos de cruza doble de grano amarillo, los híbridos comerciales Dk-5005, AG-01, XB-8010 y PM-212, así como tres híbridos dobles experimentales: PM-9, PM-12 y PM-13. Se establecieron seis experimentos con el diseño látice 6x6 con tres repeticiones, en donde la unidad experimental constó de dos surcos de 6 m de longitud y 80 cm de ancho. El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.001$) en todas las fuentes de variación para rendimiento de grano: E, repetición*E, G y la interacción GE, los cuales explican el 70.16, 0.46, 13.33, 16.05%, respectivamente, de la suma de cuadrados total. Los híbridos trilineales comerciales Dk-5005 y AG-01 mostraron el mayor promedio de rendimiento, con 11.524 y 11.359 t ha⁻¹, respectivamente; el material experimental 515X714 tuvo el menor rendimiento (8.045 t ha⁻¹). Los híbridos trilineales de maíz amarillo duro Dk-5005 y AG-01 fueron más sobresalientes por su amplia frecuencia genética para su elaboración, superando al resto de los híbridos de cruza doble. Los tres ambientes de La Molina (LM-2016, LM-2017, LM-2018) y uno de Huánuco (HU-2017) permitieron la identificación de los genotipos de mayores rendimientos.

Palabras clave: *Zea mays*, ambientes, Dk-5005 y AG-01

INTRODUCCIÓN

En Perú, en el año 2018, la superficie cosechada de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) fue de 246 594 ha, que representa el 0.01% de la superficie total de Perú; en ella se produjeron 1 265 072 t, de las cuales el 20% fueron bajo riego y el 80% restante se produjo en secano, y se tuvo una media de rendimiento de 5.1 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2020).

El rendimiento de grano es la característica más importante a considerar cuando se realizan evaluaciones de maíz en diferentes localidades, ya que los efectos ambientales (E) cuentan con el mayor porcentaje de la suma de cuadrados sobre los genotipos (G) y la interacción genotipo-ambiente (GE) (Lozano-Ramírez *et al.*, 2015; López-Morales *et al.*, 2019). La interacción GE es el comportamiento relativo diferencial que muestran los genotipos al evaluarse en diferentes ambientes (Vallejo y Estrada, 2002).

Por otra parte, dado que las condiciones ambientales cambian “año con año” aún en las mismas localidades, es recomendable evaluar diversos genotipos (variedades experimentales y comerciales), tales evaluaciones se deben realizar en diferentes localidades y durante varios años (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011).

En un proyecto de hibridación en maíz es indispensable descartar híbridos experimentales que no cumplan con características, como rendimiento y homogeneidad o con ciertos atributos agronómicos (como número de hileras, longitud y diámetro de mazorca), y seleccionar aquellos más rendidores, con estabilidad y adaptabilidad en diferentes ambientes. Así, el objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento de grano de 36 híbridos de maíz amarillo duro adaptados al área costera y de sierra del Perú, Ya que el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz desea que sus materiales sean de mayor rendimiento para poder recomendarlos a los productores de las zonas evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético evaluado

El material genético evaluado incluyó a 29 híbridos de cruza doble de grano amarillo, textura cristalina y mazorca cilíndrica, formados con líneas de CIMMYT, los cuales se encuentran en proceso de adaptabilidad tanto en la zona costera como en la sierra peruana. Como testigos se utilizaron los híbridos comerciales Dk-5005 (trilineal, de origen estadounidense, adaptado a las condiciones del Perú), AG-01 (trilineal, de origen brasileño, con una amplia adaptación), XB-8010 (híbrido de cruza doble, de origen brasileño, altamente productivo) y PM-212 (híbrido de cruza doble), así como tres híbridos dobles experimentales: PM-9, PM-12 y PM-13. Los 29 híbridos dobles, el híbrido comercial PM-212 y los tres híbridos experimentales fueron obtenidos por el Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz (PIPS), de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la cual se ubica a 241 msnm, donde prevalece el clima semi-cálido húmedo (SENAMHI, 2020).

Ubicación de los experimentos

En el año 2016 se establecieron experimentos con todos los híbridos en las localidades de La Molina (LM-2016) y Cañete (CA-2016), en la zona costera, y en Huánuco (HU-2016) y Pillco Marca (PM-2016), de la región sierra baja. En el año 2017 la evaluación se realizó en las localidades de La Molina (LM-2017) y Huánuco (HU-2017) y en el año 2018 los materiales se evaluaron sólo en La Molina (LM-2018). La zona costera presenta un clima semicálido húmedo y la región sierra baja, templado húmedo (SENAMHI, 2020). Las características edafoclimáticas y el manejo agronómico de las localidades se explican en el Cuadro 1. El diseño empleado en todas las localidades y años fue un látice 6x6 con tres repeticiones, en donde la unidad experimental constó de dos surcos de 6 m de longitud y 80 cm de ancho. Se sembraron tres semillas por mata a una distancia de 40 cm. Al mes se hizo un aclareo a 64 plantas por parcela experimental, para tener una densidad de población de 62 500 plantas ha⁻¹.

Cuadro 1. Características agronómicas y condiciones ambientales de los siete ambientes de evaluación (2016-2018).

Ambientes	Provincia	Altitud (m)	Fecha Siembra/Cosecha	Tipo de suelo	Precipitación (mm) [†]	T°C Max	T°C Min
La Molina (LM-2016)	Lima	241	16-04/15-11	Leptisol	10.8 ^a	27.5	15.5
La Molina (LM-2017)	Lima	241	16-04/15-11	Leptisol	10.6 ^a	26.7	14.3
La Molina (LM-2018)	Lima	241	16-04/18-11	Leptisol	10.4 ^a	27.1	15.4
Huánuco (HU-2016)	Huánuco	1894	03-10/15-03	Inceptisol	388.5 ^b	26.5	8.2
Huánuco (HU-2017)	Huánuco	1894	07-10/16-03	Inceptisol	384.9 ^b	26.0	8.5
Pillco Marca (PM-2016)	Huánuco	1930	09-10/20-03	Inceptisol	374.1 ^b	26.7	7.9
Cañete (CA-2016)	Cañete	38	15-06/21-01	Fluvisol	11.4 ^a	24.5	16.4

[†] = media anual; ^a = siembra con riego inicial y cinco riegos auxiliares; ^b = siembra de temporal con riego inicial; Max = temperatura máxima; Min = temperatura mínima (durante el periodo siembra/cosecha).

Variables evaluadas

El rendimiento de grano (kg ha⁻¹) se calculó con la fórmula descrita por Manrique (1997):

$$R = 10,000 / A \times 0.971 \times PD \times r$$

Donde A = área de la parcela, PD = porcentaje de desgrane (peso de grano entre peso de mazorca por 100), r = rendimiento de la unidad experimental en kg ajustado a 14% de humedad. El valor 0.971 corresponde al coeficiente de contorno.

Análisis estadístico

Con los datos de rendimiento de grano de los 36 híbridos y siete ambientes se condujo un análisis de varianza, y se obtuvieron los promedios de los 36 genotipos a través de los siete ambientes, con el paquete estadístico SAS[®] versión 9.0 (SAS Institute, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.001$) en todas las fuentes de variación para rendimiento de grano: ambientes (E), repetición*E, genotipos (G) y la interacción genotipo-ambiente (GE), los cuales explican el 70.16, 0.46, 13.33, 16.05%, respectivamente, de la suma de cuadrados total (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para el rendimiento de grano en 36 híbridos de maíz amarillo duro, evaluados en siete ambientes del Perú (2016-2018).

Fuentes	GL	SC	CM
Ambientes (E)	6	2137.24	356.20***
Repetición*E	2	13.46	6.73***
Genotipos (G)	35	406.09	11.60***
GE	210	488.89	2.32***
Error	502	462.07	0.92

*, *** = significancia a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.001$, respectivamente; GE = Interacción genotipo-ambiente; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = Cuadrados Medios.

La desigualdad entre los genotipos y ambientes manifiesta una amplia diferencia genética y de condiciones ambientales que se dan “año con año”, respectivamente (Tadeo-Robledo *et al.*, 2015; López-Morales *et al.* 2019). Las diferencias estadísticas significativas del Cuadro 2 para los cuadrados medios de las fuentes de variación en el análisis de varianza, coinciden con lo reportado en los dos modelos por Lozano-Ramírez *et al.* (2015) y Vargas *et al.* (2016), respectivamente.

El Cuadro 3 presenta la media del rendimiento por hectárea de los 36 híbridos evaluados en cada ambiente. Los híbridos trilineales comerciales Dk-5005 y AG-01 mostraron el mayor promedio de rendimiento, con 11.524 y 11.359 t ha⁻¹, respectivamente; el material experimental 515X714 tuvo el menor rendimiento (8.045 t ha⁻¹), esto pudo deberse a que este genotipo es uno de los 29 híbridos dobles que están desadaptados para las zonas evaluadas.

Los 36 materiales superaron la media nacional de rendimiento de maíz amarillo duro (riego y temporal), que fue de 5.1 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2020) y sólo 17 híbridos superaron el promedio general, que fue de 9.188 t ha⁻¹ (Cuadro 3). Entre ellos están, los tres híbridos comerciales utilizados como testigos, los cuatro híbridos dobles comerciales del PIPS y diez materiales experimentales de cruza doble. El genotipo 580X575, con 10.042 t ha⁻¹, se ubicó en el tercer lugar de rendimiento de grano, fue superado solo por los dos híbridos trilineales comerciales utilizados como testigos y fue la única que superó a los cuatro híbridos del PIPS y al testigo XB-8010.

Los híbridos trilineales Dk-5005 y AG-01 tuvieron los mejores rendimientos de grano (debido a su amplia frecuencia genética), ante el resto de los híbridos dobles entre ambientes, demostrando los promedios del rendimiento más altos, lo que concuerda con lo reportado por Chura y Huanuqueño (2014) y López-Morales *et al.* (2019) con materiales genéticamente similares en Perú. Las desigualdades en los promedios de los ambientes, muestra que la localidad LM-2017 tuvo la media más alta con 12.650 t ha⁻¹ de rendimiento de grano, seguida de LM-2018 con 10.337 t ha⁻¹ (los únicos dos ambientes que superaron la media general de 9.188 t ha⁻¹), mientras que HU-2016 tuvo el promedio más bajo con 7.299 t ha⁻¹. El mayor rendimiento de grano fue expresado para los híbridos 30) Dk-5005 (11.524 t ha⁻¹), 31) AG-01 (11.359 t ha⁻¹), 27) 580X575 (10.042 t ha⁻¹) y 34) PM-9 (9.989 t ha⁻¹), pero el rendimiento cambia de manera considerable de un ambiente a otro (Cuadro 3). Los híbridos 30) Dk-5005 y 31) AG-01 tuvieron los mayores rendimientos; estos resultados concuerdan con lo encontrado por Chura y Huanuqueño (2014) para Dk-5005, pues lo reportaron con el mayor rendimiento de grano en tres localidades (dos en La Molina y una en Puerto Bermúdez) donde fue evaluado. Tanto Dk-5005 como AG-01 son híbridos trilineales con una amplia frecuencia genética por su forma de elaboración, produciendo una alta capacidad adaptativa para varias zonas, tal como lo indican los resultados de Chura y Huanuqueño (2014) y López-Morales *et al.* (2019) con los materiales de tres líneas en diferentes regiones del Perú.

Cuadro 3. Promedio de rendimiento en t ha⁻¹ de 36 híbridos de maíz amarillo duro evaluados en siete ambientes de tres localidades de Perú (2016-2018).

Híbridos	Ambientes							Media
	LM-2016	LM-2017	LM-2018	HU-2016	HU-2017	PM-2016	CA-2016	
1) 529X508	10.126	14.531	11.207	7.240	7.953	8.113	7.106	9.468
2) 685X684	8.690	11.266	8.588	7.292	8.381	7.644	6.769	8.376
3) 575X510	8.649	11.615	9.575	8.750	7.987	8.043	8.115	8.962
4) 575X511	7.875	11.469	9.635	6.953	7.943	7.807	8.763	8.635
5) 515X714	7.850	11.138	8.730	7.344	7.278	7.285	6.693	8.045
6) 722X714	9.355	12.107	8.822	8.021	8.358	10.008	7.822	9.213
7) 532X531	8.378	11.674	8.793	7.708	7.473	8.051	8.608	8.669

Continúa Cuadro 3...

8) 592X575	8.651	11.833	10.236	8.333	7.679	9.998	7.858	9.227
9) 733X730	8.561	11.964	8.993	8.125	8.322	7.348	5.949	8.466
10) 725X723	8.514	12.723	10.275	6.042	8.150	6.891	7.288	8.555
11) 728X723	8.139	12.469	10.459	6.562	9.377	7.559	7.828	8.913
12) 694X691	9.425	12.983	10.439	8.594	9.641	7.761	8.216	9.580
13) 590X575	9.041	12.821	11.018	6.458	8.203	9.198	7.269	9.144
14) 726X723	8.165	12.969	9.985	7.813	8.485	9.127	6.833	9.054
15) 743X707	8.315	12.486	10.823	7.812	8.947	8.758	7.930	9.296
16) 591X575	9.543	14.494	11.385	7.813	8.768	7.548	7.672	9.603
17) 704X703	7.106	12.702	10.409	6.604	8.181	8.560	8.347	8.844
18) 513X531	7.790	11.359	9.441	7.188	8.535	8.507	6.780	8.514
19) 739X737	8.815	11.452	9.734	5.937	6.366	7.541	6.634	8.069
20) 687X684	8.849	13.135	10.700	6.927	8.673	9.695	8.221	9.457
21) 635X578	8.207	11.336	9.343	6.615	6.966	8.778	8.422	8.524
22) 589X575	9.319	12.512	11.822	7.657	8.584	7.767	8.024	9.383
23) 697X691	10.238	13.592	10.624	7.135	8.549	7.638	8.953	9.533
24) 570X714	8.403	11.773	8.524	6.615	8.966	9.143	7.703	8.733
25) 729X723	8.791	13.836	9.947	6.719	8.298	8.288	7.751	9.090
26) 736X730	8.829	12.036	10.533	7.292	8.558	9.203	7.247	9.100
27) 580X575	10.700	13.104	14.088	7.083	8.155	9.140	8.024	10.042
28) 742X737	8.480	11.564	8.807	6.823	8.732	7.891	7.103	8.486
29) 717X714	8.354	11.344	9.387	8.448	8.760	9.345	7.311	8.993
30) Dk-5005	13.392	15.926	14.125	7.240	12.851	8.943	8.190	11.524
31) AG-01	11.514	15.476	13.064	8.489	12.221	10.380	8.370	11.359
32) XB-8010	8.687	10.934	9.365	7.761	9.399	10.328	7.885	9.194
33) PM-212	10.848	14.188	9.238	7.605	7.564	9.421	8.906	9.681
34) PM-9	11.257	13.350	10.796	7.292	9.684	8.958	8.584	9.989
35) PM-12	10.061	13.526	12.065	6.302	8.610	9.583	6.725	9.553
36) PM-13	9.933	13.741	11.160	6.198	9.874	8.017	7.548	9.496
Media	9.134	12.650	10.337	7.299	8.062	8.557	7.707	9.188

Del 1 al 29 = Maíces experimental; PM = Programa de maíz (PIPS); LM = La Molina; HU = Huánuco; PM = Pillco Marca; CA = Cañete.

CONCLUSIONES

Los híbridos trilineales de maíz amarillo duro Dk-5005 y AG-01 fueron más sobresalientes por su amplia frecuencia genética para su elaboración, superando al resto de los híbridos de cruce doble. Los tres ambientes de La Molina (LM-2016, LM-2017, LM-2018) y uno de Huánuco (HU-2017) permitieron la identificación de los genotipos de mayores rendimientos. El híbrido Dk-5005 tuvo una alta estabilidad y adaptabilidad con un rendimiento promedio de grano de 11.524 t ha⁻¹, siendo el híbrido más apropiado para la producción de grano en las zonas de costa y sierra baja del Perú.

LITERATURA CITADA

- Camargo-Buitrago, I., E. Quiros-Mc Intire, y R. Gordon-Mendoza. 2011. Identificación de mega-ambientes para potenciar el uso de genotipos superiores de arroz en Panamá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 1061-1069.
- Chura, C. J., y E. H. Huanuqueño C. 2014. Comportamiento de ocho poblaciones de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en cruza con un probador. *Anales Científicos* 76: 78-86.
- López-Morales, F., J. Chura-Chuquija, y G. García-Pando. 2019. Interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 859-872.
- Lozano-Ramírez, Á., A. Santacruz-Varela, F. San-Vicente-García, J. Crossa, J. Burgueño, y J. D. Molina-Galán. 2015. Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38: 337-347.
- Manrique, C. P. A. 1997. El maíz en el Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima, Perú. 362 p.
- MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Riego. 2020. Sistema de información de cultivos de maíz amarillo duro. Lima, Perú. <http://sissic.minagri.gob.pe/sissic> (junio 2020).
- SAS Institute. 2012. User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2020. Mapa climático nacional. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru> (julio 2020).
- Tadeo-Robledo, M., A. Espinosa-Calderón, R. Guzmán-Máximo, A. Turrent-Fernández, J. Zaragoza-Esparza, y J. Virgen-Vargas. 2015. Productividad de híbridos varietales de maíz de grano amarillo para valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 26: 65-72.
- Vallejo, C. F. A., y E. I. Estrada S. 2002. Interacción genotipo-ambiente. *En: Mejoramiento Genético de Plantas*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. pp: 189-202.
- Vargas, E. E. A., J. E. Vargas S., y D. Baena G. 2016. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas Agroecológicas de Colombia. *Acta Agronómica* 65: 72-79.

DISTANCIA ENTRE PLANTAS, BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) AZUL

José Alberto Salvador Escalante-Estrada¹

Yolanda Isabel Escalante-Estrada²

Cid Aguilar-Carpio¹

¹Postgrado en Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados

²Instituto de Investigación Científica área de Ciencias Naturales
Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo Guerrero México
jasee@colpos.mx

RESUMEN

El maíz nativo azul es importante como alimento y propiedades medicinales para la población. Así, los estudios para incrementar biomasa y rendimiento en grano se justifican. Estos incrementos pueden lograrse mediante los cambios en la distancia entre matas (una planta por mata) que generan diferentes densidades de población. Así, los objetivos del presente estudio fueron determinar el efecto de la distancia entre matas (DM) sobre: 1) los días a ocurrencia a etapas fenológicas; 2) la producción de biomasa y su distribución en las estructuras de la planta; 3) el índice de cosecha; y 4) el rendimiento en grano y sus componentes. La siembra fue el 14 de mayo de 2019, a distancia entre matas (DM) de 25, 30, 35 y 40 cm, que generó densidades de población de 5, 4, 3 y 2 plantas m⁻². El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La biomasa y el rendimiento en grano se incrementó conforme se redujo la DM. También se observaron diferencias en la acumulación, distribución de materia seca en la planta y en el índice de cosecha. Este estudio indica que mediante el manejo de la DM se puede incrementar el rendimiento del maíz azul.

Palabras clave: materia seca del tallo, materia seca del olote, índice de cosecha

INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo base de la dieta alimenticia en algunos países de América Latina. Por lo general, en México los agricultores, siembran maíz nativo o criollo, en donde el cultivar azul se utiliza con frecuencia y también asociado con frijol trepador. El color del grano se debe a las antocianinas (Salinas-Moreno *et al.*, 2012). En relación con el maíz blanco, presenta menor cantidad de almidón e índice glucémico más bajo por lo que es más recomendable para la dieta de diabéticos. Por otra parte, presenta un balance adecuado de aminoácidos esenciales, como la fenilalanina, la leucina y la histidina, mismos que nuestro organismo no puede producir por sí mismo, por lo que debe adquirirlos a través de la ingesta directa, de este modo, la proteína que aporta el maíz azul se considera de buena calidad. Además, es excelente fuente de ácidos grasos, así como de vitamina A, vitamina E, fósforo, calcio y antioxidantes (Zilic *et al.*, 2012) con propiedad contra el cáncer (Liu, 2007), neurodegenerativa e inflamación, mejoran la visión y reducen las enfermedades coronarias. No obstante, sus propiedades, en nuestro país el maíz azul se cultiva y consume en menor escala, por lo que debería incrementarse su siembra y consumo en la población. Así, dadas estas propiedades la búsqueda de incremento en el rendimiento del maíz azul se justifica. Este incremento puede lograrse mediante la selección de plantas que presenten rendimiento alto y con las prácticas de manejo del cultivo, dentro de éstas la densidad de población mediante cambios en la distancia entre matas e hileras y el número de plantas por mata. Rojas-Victoria *et al.* (2017), reportan que con 3 plantas de maíz por mata se logra rendimiento alto de 508 g m⁻² y de biomasa de 1662 g m⁻², bajo régimen de lluvia y con patrón de siembra de 0.30 * 0.80 m. Escalante-Estrada *et al.* (2020), mencionan que el maíz azul, sembrado en asociación con frijol en

patrón de siembra de 0.30×0.80 , mostró un rendimiento en grano de 318 g m^{-2} , peso de olote de 174 g m^{-2} , tallo de 1682 g m^{-2} y de hojas de 864 g m^{-2} . También incremento en rendimiento de maíz se puede lograr reduciendo la distancia entre hileras como lo demostró Widdicombe y Thelen (2002). Sin embargo, los estudios sobre la reducción de la distancia entre matas de una misma hilera no son abundantes. Así, los objetivos del presente estudio fueron determinar el efecto de la distancia entre matas sobre: 1) los días a ocurrencia a etapas fenológicas; 2) la producción de biomasa y su distribución en las estructuras de la planta; 3) el índice de cosecha; y 4) el rendimiento en grano y sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad y tipo de suelo

El estudio se realizó en condiciones de campo bajo régimen de lluvia en Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, México, ($19^{\circ} 29' \text{ N}$ y $98^{\circ} 53' \text{ O}$ y 2250 msnm) de clima templado (García, 2005). El suelo es arcillo-limoso, con pH 7.6, CE de 1.9 dS m^{-1} y MO de 3.5%.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en la siembra de maíz azul el 14 de mayo de 2019, a DM (una planta por mata) 25, 30, 35 y 40 cm, que generó densidades de población de 5, 4, 3 y 2 plantas m^{-2} . El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Variables en estudio

Fenología

Se registró los días a ocurrencia a etapas fenológicas como fecha de emergencia, inicio de floración y madurez fisiológica (MF).

A la madurez fisiológica

Se registró la acumulación y calculó la distribución de materia seca (MS, g m^{-2}) en tallo (PT), lámina foliar (PH), mazorca [olote + grano (RG)] (PM, g m^{-2}) y la suma de estos o biomasa total (BT, g m^{-2}). La distribución de MS (DMS) se calculó con el planteamiento: $\text{DMS} = (\text{MS en órgano} / \text{MS total}) \times 100$. También el porcentaje que ocupa el grano en la mazorca (PGM) mediante el razonamiento: $\text{PGM} = (\text{RG} / \text{PM}) \times 100$ y por deducción el porcentaje del olote. El índice de cosecha (IC) se calculó bajo el razonamiento: $\text{IC} = (\text{Peso seco del grano} / \text{Biomasa total}) \times 100$. También se registró la altura de la planta (AP, cm), el número de hojas (NH) y el rendimiento en grano (RG, g m^{-2}).

Elementos del clima

Se registró la temperatura máxima, mínima ($^{\circ}\text{C}$) y la precipitación pluvial (mm).

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey mediante el paquete SAS 9.0 (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

La emergencia del maíz azul fue a los 8 días después de la siembra (dds), la floración a los 72 y la MF a los 150 dds. En este estudio, la temperatura máxima y mínima durante la etapa vegetativa fue 34°C y 16°C y en la etapa reproductiva de 28°C y 5°C , respectivamente. La temperatura media diaria óptima

para maíz es de 24-30°C, con un rango térmico de 15 a 35°C (Doorenbos y Kassam, 1979). La precipitación estacional durante el desarrollo del cultivo fue de 482 mm, de la cual el 56% ocurrió en la etapa vegetativa y el 44% en la etapa reproductiva.

Altura y número de hojas

El ANDEVA no mostró cambios significativos por efecto de la distancia entre plantas para la AP (cm) y número de hojas por panta de maíz (Cuadro 1). La altura media fue de 193 cm y el número de hojas de 32 m⁻².

Producción de materia seca (g m⁻²) y su acumulación de biomasa (materia seca) en las estructuras de la planta

Conforme se redujo la DM con el consecuente aumento en densidad de población se incrementó la biomasa (materia seca, MS) total, que fue producto de una mayor acumulación de MS en tallo, hojas y mazorca (Cuadro 1). Esta respuesta puede deberse, a que en una menor DM se tiene mayor densidad de población, un dosel más grande y en consecuencia mayor radiación interceptada (Mattera *et al.*, 2013).

Materia seca en tallo y hojas

El ANDEVA mostró diferencias significativas por efecto de cambios en DM. La MST y MSH se incrementó conforme se redujo la DM entre plantas. Con DM de 25 cm se encontró la mayor acumulación de MS con 789 y 145 g m⁻², que superó a las DM de 30, 40 y 45 cm en 35 y 18%; 28 y 26%; 36 y 38% para tallo y hojas, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de planta (AP), número de hojas (NH), materia seca en tallo (PT), hojas (PH), mazorca (PM), olote, biomasa total (BT), rendimiento en grano (RG) e índice de cosecha (IC) en maíz azul en función de la distancia entre matas. Montecillo, México. Verano 2019.

Distancia entre plantas (cm)	No plantas (m ²)	AP (cm)	NH (m ²)	PT (gm ²)	PH (g m ⁻²)	PM (g m ⁻²)	RG (g m ⁻²)	PS olote (g m ⁻²)	BT (g m ⁻²)	IC (%)
25	5	214	32	789 a	145 a	527 a	344 a	183 a	1461 a	23 a
30	4	200	33	582 b	123 b	429 b	272 b	157 b	1134 b	24 a
40	3	186	32	571 b	115 bc	239 c	139 c	100 c	925 c	15 b
45	2	171	30	575 b	105 c	177 c	93 c	84 c	857 c	10 b
Media		193	32	629	1222	333	210	133	1222	18
Tukey 0.05		54	5	164	21	77	55	20	207	3
Prob. F		NS	NS	**	**	**	**	**	**	**

** Prob. F al 0.01; NS = diferencias no significativas al 0.05. No = número; PS = peso seco. En columnas valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes.

Materia seca en mazorca (olote y grano)

El mayor peso de mazorca se encontró con la DM de 25 cm con 527 g m⁻² (344 gm⁻² y 186 gm⁻² para grano y olote, respectivamente), que superó a la DM de 30, 40 y 45 cm en 23, 120 y 240%.

Materia seca en grano, olote y relación grano/olote

Al reducir la DM se incrementó la MS en grano (rendimiento) y olote (Cuadro 1). La mayor acumulación de MS fue a 25 cm de DM con 344 g m⁻² para grano y 183 g m⁻² para olote, que superó al DM de 30, 40 y 45 cm en 26 y 16%; 147 y 83%; 400 y 97%, respectivamente. En cuanto a la relación grano/olote se encontró que al reducir la DM se incrementó esta relación, de tal forma que a 25, 30, 40 y 45 cm

esta fue de 65, 65, 48 y 47%, respectivamente, lo que indica que la reducción en DM favorece mayor peso del grano en relación al del olote.

Distribución de materia seca

Se observaron cambios significativos en la distribución de materia seca en las estructuras de la planta (Figura 1). En general la mayor distribución de MS se encontró en tallo, seguido del grano, olote y hoja. La mayor distribución de MS hacia el grano que es el IC, se encontró en la DM de 25 y 30 cm. En contraste, la más baja correspondió a la DM de 35 y 40 cm. En estas DM se observó mayor distribución de MS hacia el tallo (Figura 1).

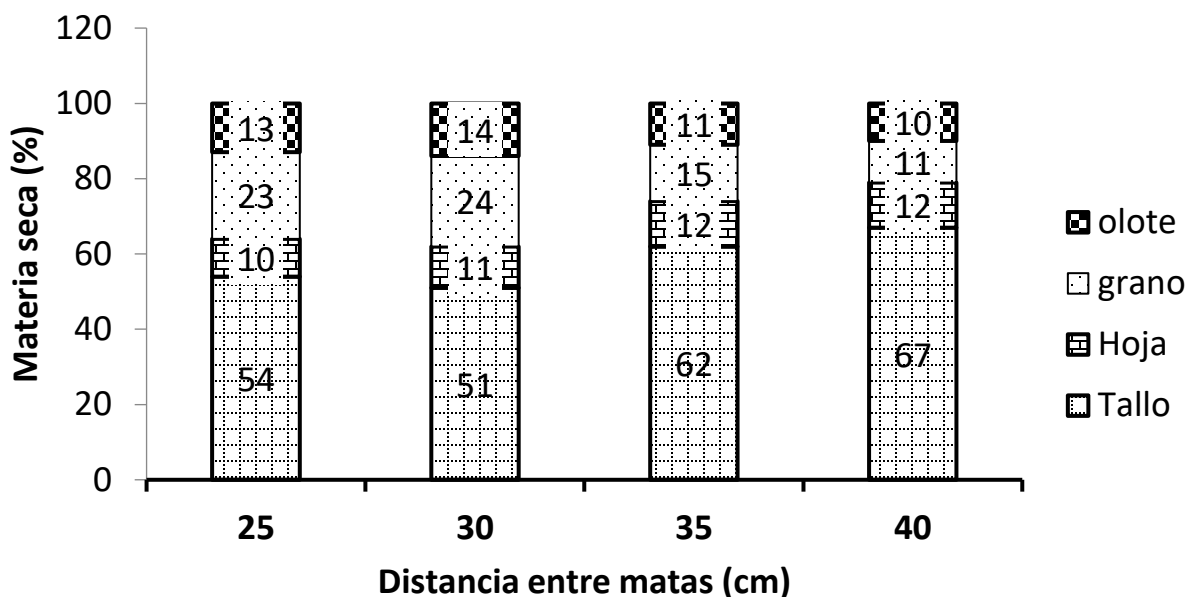


Figura 1. Distribución de materia seca en los órganos del maíz azul en función de la distancia entre matas de siembra. Montecillo, México, México. Verano 2019.

CONCLUSIONES

Los cambios de distancia entre matas no afectaron los días a ocurrencia de etapas fenológicas, la altura de la planta y el número de hojas a la cosecha. En contraste, si afectan el índice de cosecha, rendimiento en grano, la biomasa y su acumulación y distribución en los órganos de la planta. Con distancia entre matas de 25 cm, se logra la biomasa, índice de cosecha y rendimiento en grano más altos. La mayor distribución de materia seca hacia el grano conduce a una distribución más baja hacia el tallo. La acumulación y distribución de biomasa más alta se encontró en el tallo, seguida del grano, olote y hojas.

LITERATURA CITADA

- Doorenbos, J., y A. Kassam. 1979. Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. FAO. Riego y Drenaje 33. Roma, Italia. 212 p.
- Escalante-Estrada, J. A. S., M. T. Rodríguez-González†, y Y. I. Escalante-Estrada. 2020. Biomasa, rendimiento y su relación con sus componentes de maíz azul asociado con cultivares de frijol. 9º Congreso Internacional de Ciencias Básicas. Chapingo Méx.

- García, E. L. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a (Ed.). Universidad Autónoma de México (UNAM). D. F., México. 217 p.
- Liu, R. H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *J. Cereal Sci.* 46: 207-219.
- Mattera J., L. A. Romero, A. L. Cuatrín, P. S. Cornaglia, and A. A. Grimoldi. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *European Journal of Agronomy.* 45: 87–95.
- Rojas-Victoria, N. J., J. A. S. Escalante-Estrada, F. V. Conde-Martínez, J. A. Mejía-Contreras, y R. Díaz-Ruíz. 2017. Rendimiento del frijol ayocote y maíz del agrosistema asociado en función del número de plantas por mata. *Terra Latinoamericana.* 35: 219-228.
- Salinas-Moreno, Y., G. Pérez-Alonso, y A. Velázquez-Cardelas. 2012. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia.* 46(7): 693-706.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1 Ed, Cary, NC, USA.
- Widdicombe, W. D., and K. D. Thelen. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal.* 94(5): 1020–1023.
- Zilic, S., A. Serpen, G. Akillioglu, V. Gökmen, and J. Vancetovic. 2012. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *J. Agric. Food Chem.* 60: 1224-1231.

APLICACIÓN DE PRÁCTICAS SUSTENTABLES EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO EN VALLES CENTRALES DE OAXACA

Lina Pliego-Marín¹
Graciela Zárate-Altamirano¹
Gabriel Córdova-Gámez¹
Edilberto Aragón-Robles¹
Ana Luz Jiménez-Ramírez¹

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
linapliego@hotmail.com

RESUMEN

En el estado de Oaxaca, el tomate es el principal cultivo hortícola sembrado bajo condiciones protegidas. Sin embargo, esto se realiza bajo escaso manejo y uso de técnicas agrícolas no apropiadas, con rendimientos, por debajo de la media nacional. Con la finalidad de generar opciones en la producción de tomate en el presente estudio se evaluó la aplicación de vermicomposta y organismos rizosféricos. Se utilizó el híbrido Ramsés al que se le aplicaron seis tratamientos y que consistieron: T1 Fertilización química; T2 vermicomposta al 50% y arena al 50%; T3 vermicomposta al 50% y arena al 50% y fertilización química; T4 50% de vermicomposta + 50% de arena + *Azospirillum*; T5 50% de vermicomposta + 50% de arena + Bacterias solubilizadoras de fósforo; T6 50% de vermicomposta + 50% de arena + *Azospirillum* + Bacterias solubilizadoras de fósforo. El efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las plantas se comenzó a detectar a las nueve semanas después del trasplante, siendo T1, T3 y T4 los que favorecieron un mejor mayor crecimiento hasta el final del experimento. El número de frutos por racimo no se modificó por efecto de la adición de vermicomposta y organismos rizosféricos; el número por planta decreció cuando solo se usó la vermicomposta como fuente nutricional (T2). Para el peso de los frutos por racimo por planta T2 generó un rendimiento menor para esta variable. El uso de vermicomposta en combinación con bacterias rizosféricas son una opción complementaria en la producción de tomate

Palabras clave: *Azospirillum*, bacterias solubilizadoras de fósforo, vermicomposta

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción primaria en la actualidad son altamente demandantes en relación a las fuentes nutricionales para un apropiado crecimiento y desarrollo de los cultivos, entre otros insumos. Esto no solo impacta en los costos de producción sino también afectan los recursos naturales. Esta problemática ha enfocado la investigación hacia la búsqueda de alternativas que permitan una producción agrícola sustentable (Moreno-Reséndez *et al.*, 2018).

Si bien en la agricultura protegida se tiene una mejor dosificación de insumos agrícolas, además de agua, también se tiene un mayor control sobre las condiciones ambientales y biológicas que puedan impactar en la producción. En México se reportan 25 000 ha destinadas a la producción bajo invernadero, reportándose tres estados como los más importantes en la producción de bajo sistemas de condiciones protegidas, que representan el 56% el total nacional, estos son Sinaloa (20%), Jalisco (20%) y Michoacán (17%), Además, el 68% de esta superficie se destina a la producción de tomate (SIAP, 2017).

En los Valles Centrales de Oaxaca, para el año 2020 se tuvieron registradas 334.9 ha bajo este tipo de agricultura destinadas al cultivo de tomate, con una producción de 92 470.17 ton (SIAP, 2020). Una alta proporción de estas unidades de producción, son de escaso manejo y uso de técnicas agrícolas que les permitan optimizar el cultivo de tomate en función de sus necesidades (Hernández-Ruiz *et al.*, 2018).

El uso de biofertilizantes con base en rizobacterias promotoras del crecimiento, además del uso de vermicomposta constituyen una alternativa biotecnológica para mejorar la producción de especies hortícolas. Se ha comprobado que esta práctica reduce los costos de producción y también disminuye los riesgos de contaminación (Terry *et al.*, 2007).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta de plantas de tomate al uso de prácticas sustentables como son la incorporación de vermicomposta como medio de crecimiento y de bacterias rizosféricas fijadoras de N₂ (*Azospirillum*) y solubilizadoras de fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se estableció en el Módulo de Horticultura protegida del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) ubicado en la Ex-hacienda de Nazareno Xoxocotlán, en la zona de los valles centrales de Oaxaca, localizada en la parte central del estado entre las coordenadas 96° 43' longitud oeste, 17° 04' latitud norte y una altura de 1519 msnm, con un clima cálido seco con lluvias en verano, presentando temperaturas mayores del 21°C (INEGI, 2004).

La parcela experimental se implementó en un invernadero de 10 m × 25 m, en una superficie total de 250 m². Previo al inicio del experimento, el invernadero y los sustratos fueron desinfectados con formol al 20%. Posteriormente se colocó el acolchado plástico color negro sobre las camas formadas. Como material vegetal se utilizó el híbrido Ramsés, es un tomate tipo saladette de crecimiento indeterminado.

El arreglo topológico fue de 2 hileras por cama de 1.5 m × 25 m, a una distancia de 0.3 m entre plantas, obteniendo un total de 166 plantas por cada cama, y un total de 664 plantas/250 m², en bolsas de 5 kg, con una densidad de plantación de 26,560 plantas/ha. Una semana después del trasplante las plántulas fueron inoculadas a razón de 3 gramos de inoculante comercial colocándolo muy cercano a la raíz.

Dadas las condiciones de homogeneidad prevalecientes en el invernadero, el cultivo se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), evaluando 6 tratamientos, con 6 unidades experimentales, obteniendo un total de 36 unidades experimentales, la descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

La inoculación de las plantas se efectuó una semana después de haber realizado el trasplante, agregando 3 g por plántula, procurando que el inoculo quedara cercano a la raíz de las plantas. Los fertilizantes biológicos aplicados correspondieron a *Azospirillum brasilense* fijadora de nitrógeno bajo el nombre comercial de BIOFERTIBUAP con 5x10⁸ unidades formadoras de colonias (UFC) g⁻¹, y para el caso de organismos solubilizadores de fósforo, se agregaron las especies *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* (BIOFOSFOBUAP) con 1x10⁸ UFC g⁻¹. Las concentraciones de biofertilizantes aplicadas se hicieron de acuerdo con las recomendaciones dadas por los proveedores- Las cantidades de fuentes nutricionales utilizadas para la preparación de la solución nutritiva fueron (kg 100 L⁻¹): Nitrato de calcio 31.33, fosfato monobásico de potasio 8.67, Sulfato de magnesio 39.40, cloruro de potasio 12.33, sulfato de potasio 11.00, Quelato 5.83.

Durante la primera semana después del trasplante, la solución nutritiva se aplicó al 75%. En el primer mes se aplicaron dos riegos por día con duración de diez minutos. Posteriormente se incrementaron a tres con duración de quince minutos. A los 60 días después del trasplante la cantidad aplicada fue de tres litros de solución nutritiva, esto para el testigo. Para el resto de los tratamientos se le aplicó la misma cantidad, pero de agua simple.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a plantas *Solanum lycopersicum* del híbrido Ramsés.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	Testigo (100% arena, con 100% fertilización química)
T2	50% de vermicomposta (VC) + 50% de arena
T3	50% de VC + 50% de arena + 100% fertilización química
T4	50% de VC + 50% de arena + <i>Azospirillum brasilense</i> (AB)
T5	50% de VC + 50% de arena + Bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF)
T6	50% de VC + 50% de arena + AB + BSF

La cosecha se realizó manualmente y por racimo, (conforme maduraban los frutos) y al mismo tiempo se midieron diversas variables. El primer corte para el T1 (testigo) se llevó a los 90 días después del trasplante (ddt), mientras que para el resto de los tratamientos (arena + VC + bacterias) se realizó a los 70 ddt. Los frutos se colectaron en el término de rayado (40% o más de su superficie cubierta por color rosa-rojo) hacia maduro (rojo 100%). Las variables evaluadas fueron: Longitud de planta en m; (2) Diámetro de tallo en cm; (3) Número de frutos (racimos 1-3), (4) Peso de frutos (5) Rendimiento.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la ayuda del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) y se realizó también la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) a fin de establecer las diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto que los tratamientos tuvieron sobre la longitud de planta se empezó a manifestar partir de la 9ª. Semana, sobresaliendo los tratamientos 1, 3 y 4 que correspondieron al testigo (fertilización química, vermicomposta al 50% y 100% FQ y vermicomposta al 50% con *Azospirillum* respectivamente. Esta tendencia prevaleció en la 13ª. Semana y estas diferencias se hicieron menos evidentes en la semana 17 (Cuadro 2).

Estos resultados muestran que la vermicomposta (VC) como fuente nutricional no aporta los suficientes nutrientes para que las plantas tengan un crecimiento comparable a las que crecieron con fertilización química en etapas de crecimiento más avanzadas. De igual manera, Olaria *et al.* (2016) detectaron una disminución en la elongación de plántulas de tres especies hortícolas cuando se utilizó VC al 30% mezclada con peat moss. Tendencias similares ha sido reportadas por otros autores (Moreno-Reséndez *et al.*, 2012). Estos resultados contrastan con lo observado en otras investigaciones donde la adición de VC como sustrato y fuente nutricional incluso proporciones mayores de entre 50 y 70% reportan efecto positivo en el crecimiento (Fortis-Hernández *et al.*, 2012; López-Baltazar *et al.*, 2013; Nava-Pérez *et al.*, 2019). Además, tampoco fue posible apreciar el efecto benéfico de las bacterias solubilizadoras de fósforo, ni de la coinoculación que pudo haberse observado con el tratamiento 6, y que si se ha corroborado en otros estudios (Pliego-Marín *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Longitud (m) de plantas de tomate crecidas con vermicomposta y bacterias rizosféricas (*Azospirillum brasilenses* y solubilizadoras de fosforo).

	Semanas después del trasplante			
	4 a.	9 a.	13 a.	17 a.
1	0.57 a	1.00 a	1.40 a	1.78 a
2	0.46 a	0.82 b	1.15 b	1.45 c
3	0.55 a	0.90 ab	1.32 ab	1.72 ab
4	0.51 a	0.87ab	1.27 ab	1.68 abc
5	0.56 a	0.82 b	1.18 b	1.53 bc
6	0.58 a	0.80 b	1.17 b	1.52 bc

El diámetro de tallo en plantas de tomate no fue afectado de manera significativa por la incorporación de VC y la inoculación con BSF y doble inoculación. Únicamente el tratamiento que incluyó la adición de *Azospirillum* mostró valores menores a los reportados para el control (24%). En la novena semana después del trasplante las plantas expuestas a la aplicación de VC como única fuente nutrimental, la adición de BSF y la doble inoculación (T2, T5 y T6 respectivamente) presentaron un diámetro menos desarrollado (16-18%) al presentado por las plantas a las que se les aplicó fertilizante químico. Este efecto se manifestó también en las restantes evaluaciones. La inoculación con *Azospirillum* permitió que el diámetro de tallo presentara valores comparables a la fertilización inorgánica, sin diferencias significativas entre estos tratamientos (Figura 1).

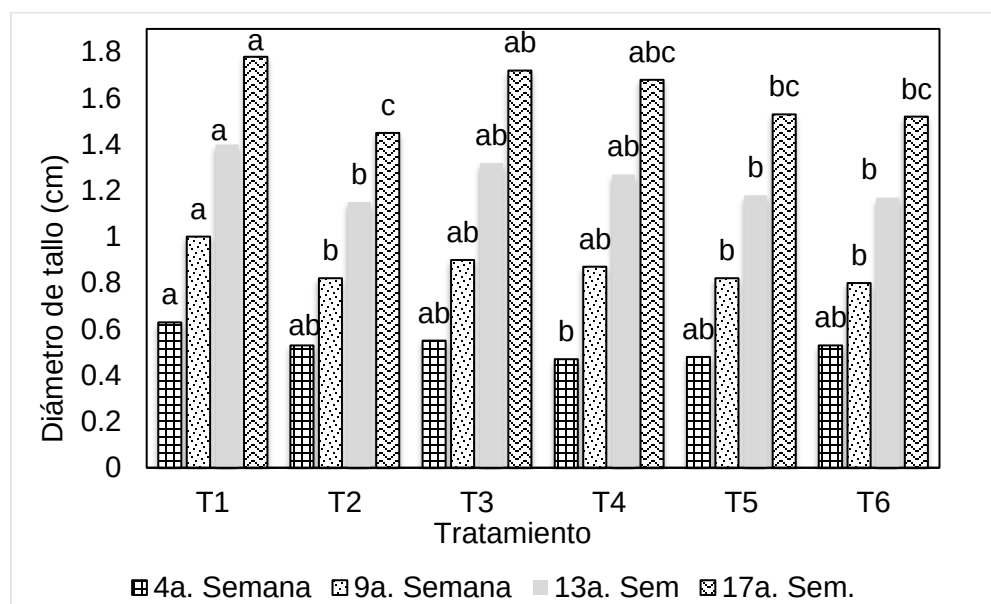


Figura 1. Diámetro de tallo (cm) en plantas del híbrido Rámses tratadas con vermicompostan e inoculadas con bacterias rizosféricas.

Si bien en el presente estudio se ha constatado que la aplicación de VC no promovió el crecimiento del diámetro de tallo, otras investigaciones avalan el efecto positivo de la incorporación de VC sobre esta variable, manifestándose desde las primeras etapas de crecimiento de este cultivo, incluso desde antes del trasplante de plántulas (Nava-Pérez *et al.*, 2018). Respecto la respuesta a la inoculación en relación a esta variable, se ha detectado que la adición de *Azospirillum* y *Glomus* favorecieron un grosor comparable y sin diferencias significativas con el control (Hernández-Pérez, 2011).

El número de frutos formados por racimo en el híbrido de Ramsés, no presentaron diferencias entre el testigo (T1: Fertilización química), pero si cuando la evaluación se hizo por planta. El tratamiento T2 en el que solo se adicionó vermicomposta como medio de crecimiento y fuente nutricional, en el que se redujo el número en 32%. Para el caso del peso de frutos se observó una tendencia similar, en donde el peso de frutos por planta decreció significativamente en un 32% respecto al control, sin mostrar diferencias respecto al resto de los tratamientos.

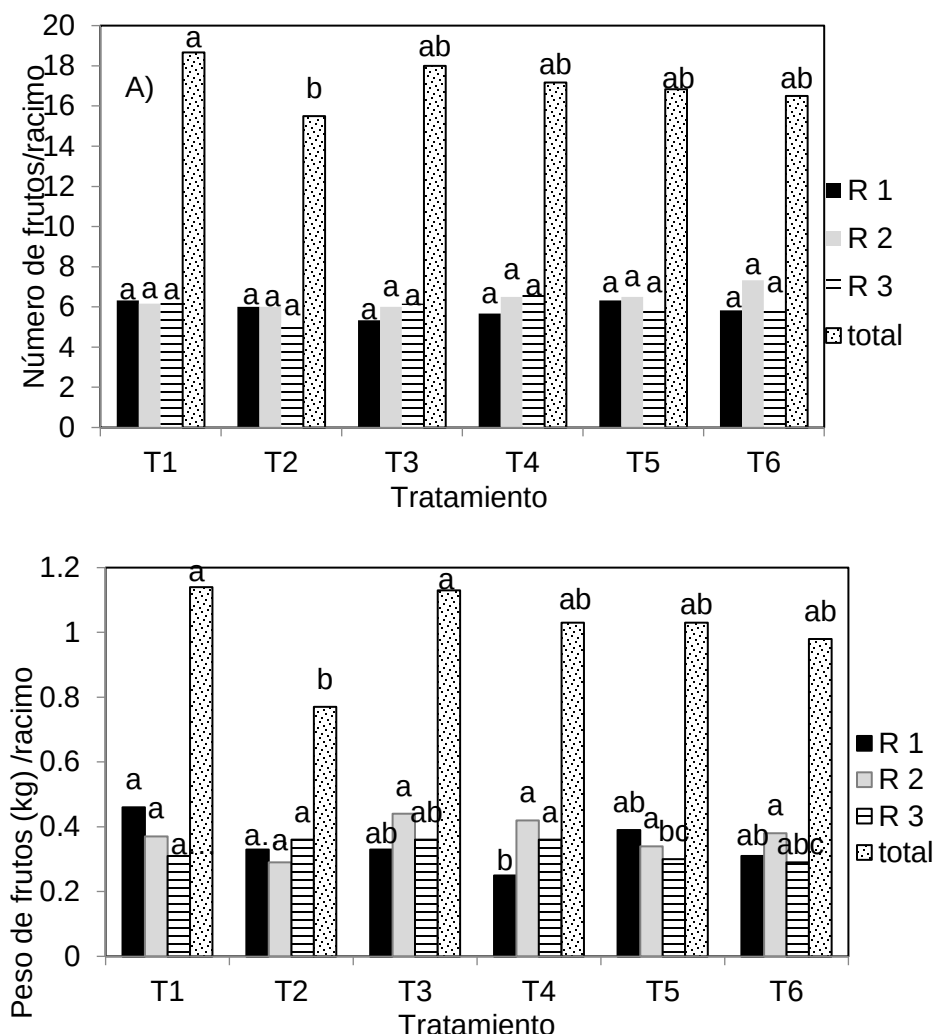


Figura 2. Número (A) y peso (B) (Kg) de frutos por racimo en plantas del híbrido Ramsés.

Con la finalidad de evaluar si la VC es una alternativa viable como fuente nutricional Roblero-Ramírez *et al.* (2016) probaron seis dosis de VC y detectaron que la dosis mayor puede ser una fuente nutricional de apoyo a la fertilización química. Por otro lado, estudios que implican la inoculación de organismos rizosféricos como son bacterias y otras prácticas ecológicas (Sánchez *et al.*, 2012; Alarcón-Zayas, 2013), evidencian que la inoculación de plantas de tomate con bacterias rizosféricas presentan un gran potencial para la estimulación del crecimiento y producción de este cultivo.

CONCLUSIONES

La incorporación de vermicomposta al medio crecimiento y como fuente nutricional en el cultivo del híbrido Ramsés no favoreció su crecimiento. Las plantas adicionadas de *Azospirillum* como bacteria fijadora de nitrógeno, presentaron valores de crecimiento similares al control. La promoción del crecimiento por inoculación con bacterias solubilizadoras de fósforo y la coinoculación con *Azospirillum* no fue comparable a la del testigo T1. El número y el peso de frutos por planta decreció con la aplicación de vermicomposta cuando se utilizó como única fuente nutricional.

LITERATURA CITADA

- Alarcón-Zayas, A. 2013. Calidad de poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Universidad Politécnica de Madrid. P. 175.
- de la Cruz-Lázaro, E., M.A. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. Márquez-Hernández, R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25(1): 59-67.
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J.L., Navarro-Bravo, A., Antonio-González, J. y J.M. Omaña_Silvestre. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón* Organic substrates in the production of sweet pepper. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(6): 1203-1216.
- Hernández-Pérez, A. 2011. Desarrollo de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. Camelia) en respuesta a la biofertilización bajo condiciones de casahuate y análisis de algunos parámetros fisiológicos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación de Química aplicada. Saltillo, Coahuila p. 150.
- Hernández-Ruíz, J., E. Espinosa-Trujillo, E., Míreles-Arriaga, A., J.E. Ruiz-Nieto. 2018. Índice tecnológico de las unidades de producción de tomate en invernadero en Tlahuitoltepec, Oaxaca. *Acta Agrícola y Pecuaria* 4(2): 35-43.
- INEGI. 2004. Anuario Estadístico Regional. Oaxaca.
- López-Baltazar, J., Méndez-Matías, A., Pliego-Marín, L., Aragón-Robles, E. y Robles-Martínez, M.L. 2013. Agronomic evaluation of substrates in pepper seedlings 'onza' (*Capsicum annuum*) in greenhouse. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6: 1139-1150
- Martínez-Gutiérrez, G.A., R. Díaz-Pichardo, G. Juárez-Luis, Y.D. Ortiz-Hernández, J.Y. López-Cruz. 2014. Caracterización de las unidades de producción de tomate en invernaderos de Oaxaca. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 11: 153-165.
- Molina-Romero, D., M. R. Bustillos-Cristales, O. Rodríguez-Andrade, Y. E. Morales-García, Y. Santiago-Saenz, M. Castañeda-Lucio, J. Muñoz-Rojas. 2015. Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico *Revista de La DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 17(2), 24-34.
- Moreno-Reséndez, A., V. Carda-Mendoza, J.L. Reyes-Castillo, J. Vásquez-Arroyo, P. Cano-Ríos. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. 2018. *Revista Colombiana de Biotecnología* 20(1): 68-83.
- Nava-Pérez, E., W. Valenzuela-Quirón, G. Rodríguez-Quiroz. 2019. El vermicompost como sustrato sustituto en la germinación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agrociencia* 53: 869-880.

- Olaria, M., J. F. Nebot, H. Molina, P. Troncho, L. Lapeña and E. Llorens. 2016. Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(1): e0801.
- Omaña-Silvestre, J.M. 2012. Organic substrates in the production of sweet pepper. *Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(6), 1203-1216.
- Pliego-Marín, L., C. Herrera-Feria y C. Robles. 2017. Fertilización biológica y orgánica de pepino *Cucumis sativus* L. en cultivo en suelo. In *Seguridad Alimentaria: Aportaciones Científicas y Agrotecnológicas*. Jorge Martínez Herrera, Miguel Ángel Ramírez Guillermo, Julio Camara-Cordova. Editores. INIFAP-UJAT. ISBN 978-607-606-425-2. pp: 304-309.
- Roblero-Ramírez, H.R., E. Nava-Pérez, W. Valenzuela-Quiñónes, G. Rodríguez-Quiroz. 2014. Evaluación de cinco dosis de vermicomposta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 1495-1500.
- Sánchez, L.B.D.; V.R.M., Gómez; R.M.I.; B.R.R., Bonilla. 2012. Inoculación con bacterias de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1401-1415.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Recuperado el 23 de julio del 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Recuperado el 23 de julio del 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Terry, A., A. Leyva, J. Ruíz y M.M. Díaz. 2007. Manejo de bioproductos para la producción ecológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales* 28(3): 23-37.

EFFECTO DE CALENDARIOS DE RIEGOS SOBRE LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE TRIGO

Lidia Alejandra Rodríguez-Zermeño¹

Ernesto Solís-Moya²

Lourdes Ledesma-Ramírez²

Cesar Leobardo Mancilla-Aguirre¹

Juan Gabriel Pimentel-Ramírez¹

Víctor Montero-Tavera²

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM)

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

96alerz@gmail.com

RESUMEN

Las deficiencias hidrológicas son un factor clave para llevar a cabo un buen ciclo fisiológico, ya que el agua está vinculada a procesos vitales que tienen como consecuencia el aumento o disminución en la producción de trigo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del número de riegos sobre el rendimiento y sus componentes en genotipos de trigo y determinar si en el grupo de líneas evaluadas se seleccionó alguna que supere el rendimiento de los testigos locales en riego normal y restringido. Dicha evaluación se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campus Bajío en el ciclo otoño invierno 2020-21. Las variables medidas fueron: 1) días a espigamiento (DESP); 2) días a madurez (DMAD); 3) Altura de planta (AP); 4) rendimiento de grano (REND); 5) peso de 1000 granos (PMG); 6) índice de cosecha (IC); 7) biomasa (BIO); 8) granos por metro cuadrado (GPM2) y 9) espigas por metro cuadrado (EPM2). Los resultados mostraron que el calendario 4R obtuvo el mayor rendimiento con 7,205 kg ha⁻¹ mientras que el más bajo fue para 2R con 4,284 kg ha⁻¹. El genotipo con mayor rendimiento a través de calendarios de riego fue HIERRO/ESFALERITA con 6,288 kg ha⁻¹ con una diferencia de 1,495 kg ha⁻¹ con el genotipo de menor rendimiento.

Palabras clave: rendimiento, agua, genotipos

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento poblacional ha traído consigo una demanda impresionante para cubrir las necesidades alimentarias, sin embargo, la producción mundial de cereales para el año 2021 denota una reducción en los últimos meses en cuanto a su producción ubicándose en 2,817 millones de toneladas, cifra que aun así es de 1.7% (4.8 millones de toneladas) mayor que en 2020. El cultivo de trigo también ha tenido afectaciones en los pronósticos de su producción ya que se esperaba una cifra de 785 millones de toneladas, en otras palabras, un aumento del 1.4% más que el año 2020 sin embargo, la producción mundial de trigo en 2021 se ha reducido en 1 millón de toneladas, cifrándose en 784.7 millones de toneladas (FAO, 2021). En cuanto a la situación actual en la república mexicana el aumento de este cereal ha sido positivo con respecto a años anteriores, dando una cifra total de cosecha en 1.4 millones de toneladas, sin embargo, es importante recalcar que las cifras muestran un déficit de producción en base a la oferta-demanda lo cual implica buscar una mayor producción nacional (SIAP, 2020).

Las deficiencias hidrológicas son un factor clave para llevar a cabo un buen ciclo fisiológico, ya que el agua está vinculada a procesos vitales que tienen como consecuencia el aumento o disminución en la producción de trigo, un ejemplo de esto es que al haber una reducción de agua también se disminuye

la intercepción de la radiación solar a través de una menor expansión, una menor exposición de la superficie foliar o también por la muerte de hojas, además el déficit de agua puede reducir el crecimiento del cultivo por medio de una alteración al proceso de fotosíntesis foliar y eficiencia del uso de la radiación. Bajo condiciones de estrés hídrico el periodo de llenado se ve afectado debido a que los granos son de menor tamaño y por consiguiente se reduce su rendimiento, y resultan con defectos comerciales que se castigan durante el proceso de comercialización (Mendoza *et al.*, 2004; Marcelo, 2018).

Los calendarios de riego juegan un papel importante ya que optimizan el manejo y uso del agua por ejemplo para trigo suave es recomendable aplicar tres o cuatro riegos a los 0-45-75 o 0-45-75-100 días. Para variedades de trigo cristalino o duro es recomendable de cuatro a cinco riegos a los 0-45-75-100 o 0-35-65-85-105 después de la siembra (Solís *et al.*, 2013), esto varía de acuerdo a la variedad o genotipo a evaluarse y la interacción con los factores abióticos de la planta en su desarrollo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del número de riegos sobre el rendimiento y sus componentes en genotipos de trigo y determinar si en el grupo de líneas evaluadas se seleccionó alguna que supere el rendimiento de los testigos locales en riego normal y restringido.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante el ciclo de otoño invierno OI 2020-2021. Donde se evaluaron en total 29 líneas de trigo (*Triticum spp* L.) y siete testigos locales utilizando tres calendarios de riego: dos, tres y cuatro riegos a los 0-55, 0-45-75 y 0-45-75-100 días después de la siembra. La siembra tuvo a una densidad de 120 kg ha⁻¹. El diseño experimental fue en bloques completos al azar. La parcela experimental fue de dos surcos de tres metros con una separación de 0.75 metros para un área total de 4.5 m², por otro lado, la parcela útil para rendimiento fue de dos surcos de 2.75 m de largo sembrados a doble hilera, separados a 75 cm y una parcela útil de 4.125 m². Se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P₂O₅ a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio las fuentes empleadas fueron sulfato de amonio con 20.5% de nitrógeno, y para fósforo "Microessentials". Las malezas de hoja angosta se controlaron con Topik 24EC® a los 28 días del riego de siembra y las de hoja ancha con Estarane a los 22 días y Esteron 47® a los 34 días. Se colectaron 25 tallos completos con los cuales se calcularon los componentes de rendimiento (Índice de cosecha, biomasa, peso de granos por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado, peso de 1000 semillas). Las variables registradas fueron las siguientes: 1) días a espigamiento (DESP), número de días desde la siembra hasta que el 50% de las espigas estén expuestas; 2) días a madurez (DMAD), días transcurridos de la siembra al momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas presenten un color dorado; 3) Altura de planta (AP), medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal; 4)rendimiento de grano (REND), en gramos por parcela y se transformó a kg ha⁻¹; 5) peso de 1000 granos (PMG) en mg; 6)índice de cosecha (IC), igual a TRG/TRB, en donde TRG = rendimiento en gramos de 100 tallos de la parcela y TRB = rendimiento biológico de 100 tallos de la parcela; 7) biomasa (BIO), en t por ha, calculada como (RG/1000)/IC; 8) granos por metro cuadrado (GPM2) = (RG/10)/(PG/1000) y 9) espigas por metro cuadrado (EPM2) = ((BIO*100)/P100T)/100).

Análisis estadístico

Los análisis de varianza, las comparaciones de medias y correlación entre el número de riegos y los componentes de rendimiento se realizaron utilizando el programa estadístico SAS versión 9.3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis combinado a través de riegos

El análisis de varianza combinado (Cuadro 1) detectó diferencias altamente significativas para calendarios de riego (CR) y genotipos (GEN) en días a espigamiento (DESP), días a madurez (DMAD), altura de planta (AP), rendimiento (REND), peso de mil granos (PMG), índice de cosecha (IC), biomasa (BIO), granos por metro cuadrado (GPM2) y en espigas por metro cuadrado (EPM2). En la interacción CR*GEN se detectaron diferencias altamente significativas en rendimiento (REND), biomasa (BIO), granos por metro cuadrado (GPM2) y diferencias significativas en días a madurez (DMAD) y altura de planta (AP).

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables estudiadas a través de calendarios de riego evaluadas en el ciclo (OI) 2020-2021.

FV	GL	DESP	DMAD	AP	REND	PMG	IC	BIO	GPM2	EPM2
CR	2	61 **	2041 **	4212 **	230879399 **	2238 **	0.057 **	1339 **	470093919 **	142944 **
GEN	35	133 **	21 **	341 **	1149216 **	113 **	0.003 **	7.67 **	15191389 **	5733 **
REP(CR)	4	3.4	8.7	46.2	412424	12.7	0.001	6.33	1988447	2864
BLOCK(REP)	15	5.7	11.4	67	819667	5.7	0.002	8.01	5108405	3742
CR*GEN	70	1.9	3.19 *	16.7 *	558524 **	10.8	0.001	3.72 **	3086833 **	1942
ERROR	195	1.9	2.16	11.6	226852	9.01	0.0008	2.39	1579336	1909
TOTAL	323									
CV		1.8	1.14	3.8	8.23	6.7	7.05	11.07	9.73	15.7

FV = fuente de variación; CR = Calendario de riego; GL = grados de libertad; GEN = genotipos; REP = repeticiones; BLO = bloques; DESP = días a espigamiento; AP= altura de planta; DM = días a madurez; REND = rendimiento en kg ha⁻¹; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa en t ha⁻¹; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado; C.V. = coeficiente de variación.

La comparación de medias entre calendarios de riego (2R, 3R y 4R) en días a espigamiento mostró los valores más altos en tres y cuatro riegos (80 días), mientras que en dos riegos registró un día menos (79 días). En cuanto a días a madures el calendario de cuatro riegos obtuvo el ciclo más largo con 133, mientras que, el más bajo fue para 2R con 124 días. Los valores extremos en altura de planta se observaron en el calendario 3R (con 94 cm) y 2R fue el menos destacado (con 83 cm). Se observó una diferencia de 2,921 kg ha⁻¹ entre los calendarios de riego de mayor (4R) y menor (2R) rendimiento de grano. Según Lopes *et al.*, (2012) sugieren que la tasa de progreso incluso podría incrementarse en ambientes con estrés, si los rasgos de adaptación a la sequía y al calor son reunidos en un mismo genotipo. El peso de mil granos fluctuó entre 50 y 41 g, 4R y 2R obtuvieron el mayor y menor valor, respectivamente. El IC fluctuó entre 0.43 y 0.39 donde el mayor IC se obtuvo en los calendarios 2R y 4R mientras que 3R fue el más bajo. La biomasa registró una diferencia de 6.73 t ha⁻¹ entre los calendarios con mayor (4R) y menor valor (2R). En GPM2 los mayores valores los obtuvo el calendario 4R y los más bajos 2R con una diferencia de 4,028 granos. Para EPM2 los calendarios que obtuvieron los mayores valores fueron 4R y 3R con una cifra de 301 y 297 respectivamente, mientras que 2R mantuvo una menor de 236. Según Gamal *et al.* (2010), los resultados bajos en su experimentación para aumentar la productividad en estrés hídrico expresaron menores rendimientos en donde el cultivo fue sometido a situaciones de mayor estrés (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables estudiadas en los diferentes calendarios de riego (2R, 3R, 4R) en el ciclo (OI) 2020-2021.

CR	DESP	DMAD	ALTURA	REND	PMG	IC	BIO	GPM2	EPM2
EUA2R	79 b	124 c	83 b	4284 c	41 c	0.43 a	10.01 c	10586 c	236 b
EUA3R	80 a	128 b	94 a	5858 b	44 b	0.39 b	15.16 b	13545 b	297 a
EUA4R	80 a	133 a	93 a	7205 a	50 a	0.43 a	16.74 a	14614 a	301 a
dsh	0.4495	0.4733	1.0952	153.08	0.9649	0.0095	0.4973	403.9	14.042

CR = Calendarios de riego; DESP = días a espigamiento; DM = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento en kg ha⁻¹; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa en t ha⁻¹; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado; DSH=diferencia significativa honesta.

Las comparaciones de medias mostraron que hubo diferencias entre genotipos y testigos, en la variable días a espigamiento los genotipos CROC_1/AE.SQUARROSA (517)//KACHU/3/BAJ #1 y KSW/SAUAL//SAUAL/3/BORL14 fueron más tardíos con 88 días, mientras que, la variedad MAYA S2007 fue la más precoz con 72 días a espigamiento. En cuanto a días a madurez el genotipo más tardío fue KSW/SAUAL//SAUAL/3/BORL14 con 132 días mientras que el más precoz fue DIAMANTE/MONARCA/3/ IBIS//LOTH/GRACIA con 125 días.

Según González *et al.*, (2011), hay evidencias que muestran que una mayor duración en la etapa de crecimiento y en la duración del período en que crecen las espigas podría incrementar el rendimiento como consecuencia de mayor peso seco de espigas y por consiguiente de mayor número de flores fértiles que sobreviven hasta antesis. La mayor altura de planta se presentó en DIAMANTE/URBINA//Eneida F94 con 105 cm, mientras que la más baja fue GEMA C2004/ACHIRO con 73 cm. El rendimiento más alto fue dado por DIAMANTE/SILVINITA//CELESTINA, HIERRO/ESFALERITA, IBIS//LOTH/GRACIA/4/PASA/CUBA//CIRA/3/ENE/ZITA con 6,265 kg ha⁻¹, 6,288 kg ha⁻¹ y 6,227 kg ha⁻¹ respectivamente, mientras que la variedad BAROBAMPO C2015 fue más baja con 4,793 kg ha⁻¹. Según Bali *et al.*, (2001) es necesario conocer las condiciones físicas del suelo para definir el tiempo de suspensión del riego, así evitar pérdida de agua y sólidos totales disueltos. En cuanto a los componentes de rendimiento el peso de mil granos fluctuó entre 55 y 40 g, MAYA S2007 y COLIBRI//FINSI obtuvieron el mayor y menor valor, respectivamente. El IC fluctuó entre 0.36 y 0.45 donde el mayor IC fue dado por la variedad Cortázar S94 y la más baja por BAROBAMPO C2015. La Biomasa registró una diferencia de 4.64 t ha⁻¹ entre el genotipo con mayor CROC_1/AE.SQUARROSA (517)//KACHU/3/BAJ #1 y el de menor valor CONDOR/LIZ. En GPM2 los mayores valores los obtuvo HIERRO/ESFALERITA con 15,265 mientras que el más bajo fue la variedad MAYA S2007 con 9,207. En cuanto a espigas por metro cuadrado (EPM2) el genotipo con mayor valor fue HALITA/COLIBRI//THELIN/2*WBLL1 con 327, mientras que el más bajo fue BAROBAMPO C2015 con 210. Solís *et al.*, (2008) señalan que la evaluación de cultivares bajo riego restringido y normal, tanto en su fase de segregante como de líneas avanzadas, genera genotipos con una mayor eficiencia en el aprovechamiento del uso de agua y que por tanto obtienen rendimientos altos en riego restringido y normal.

En las Figuras 1 a 4 se muestran los genotipos más sobresalientes en rendimiento de grano en cada uno de los calendarios de riego y a través de calendarios de riego. En el calendario de dos riegos cuatro líneas L27, L26, L19 y L22 superaron el rendimiento del mejor de los testigos (Cortazar S94) con 2.9, 2.3, 1.5 y 0.1%, en ninguno de los tres casos significativamente. En este mismo calendario la mejor línea L27 superó (Tukey≤0.05) al testigo de menor rendimiento con 67.7%. En el calendario de tres riegos cinco líneas (L27, L23, L21, L12 y L13) superaron al mejor de los testigos Cisne F2016 con 5.6, 5.1, 2.2, 2.0 y 1.9%, respectivamente, tales diferencias no fueron significativas, en cambio, la mejor línea superó (Tukey≤0.05) a Barobampo C2015 con 37.3%. En el calendario de cuatro riegos el mejor

testigo fue Elia M2016 y el de más bajo rendimiento fue Luminaria F2012, en este caso las mejores líneas (L35, L17, L30 y L10) superaron a Elia M2016 con 6.2, 5.9, 2.7 y 1.4%, respectivamente. En este caso la L35 superó (Tukey $\leq$ 0.05) a Luminaria F2012 con 43.8%. Finalmente, en las comparaciones a través de calendarios de riego se observó que tres genotipos superaron numéricamente el rendimiento de Cisne F2016 que resultó el mejor testigo a través de ambientes. Bajo riego restringido la mejor línea fue la L27 que superó numéricamente en ambos ambientes al mejor de los testigos. En cambio, bajo riego normal la L35 fue la más sobresaliente superando con más de 400 kg ha⁻¹ al mejor de los testigos (Elia M2016).

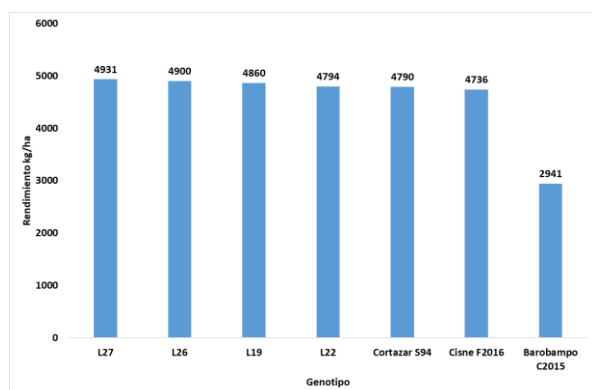


Figura 1. Genotipos sobresalientes en el calendario de dos riegos.

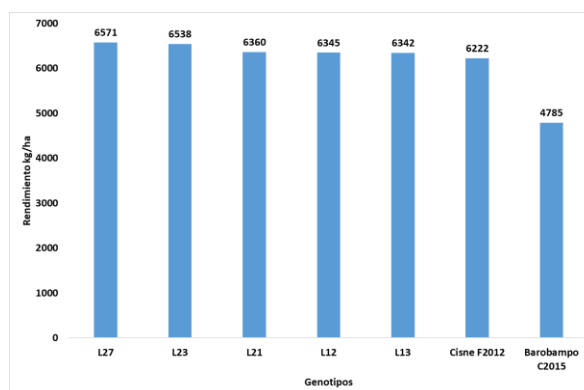


Figura 2. Genotipos sobresalientes en el calendario de tres riegos.

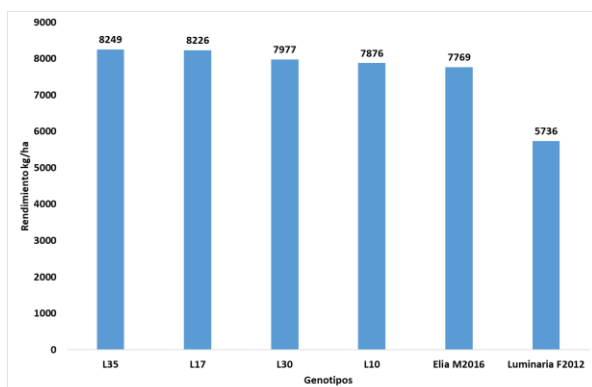


Figura 3. Genotipos sobresalientes en el calendario de cuatro riegos.

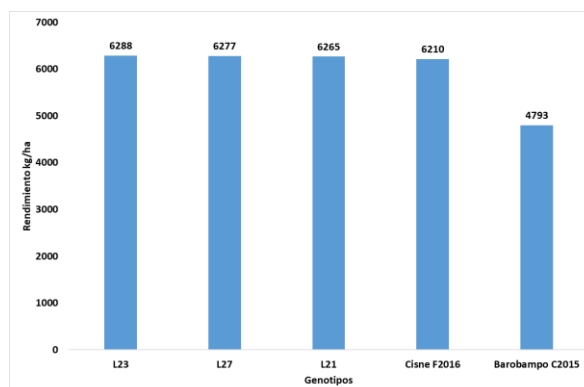


Figura 4. Genotipos sobresalientes a través de calendarios de riego.

CONCLUSIONES

El genotipo con mayor rendimiento a través de calendarios de riegos fue HIERRO/ESFALERITA, así mismo obtuvo el mayor índice de GPM2, la variedad BAROBAMPO C2015 obtuvo los rendimientos más bajos y Cisne F2016 los más altos. Bajo riego restringido se identificó un genotipo (L27) que superó numéricamente el rendimiento de todos los testigos con rangos de 2.9 a 5.6%. Bajo riego normal la L35 superó numéricamente a Elia M2016 con 6.2%.

Los genotipos destacados en riego restringido fueron diferentes a los sobresalientes en riego normal, solo la variedad Cisne F2016 destacó en ambos ambientes, aunque en el promedio general fue superada por las líneas 23, 27 y 21.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo dado hasta el momento para el desarrollo de los estudios de maestría de la estudiante Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño, con número de folio 1107646.

LITERATURA CITADA

- Bali K.M., Grismer M. E., Tod I. C. 2001. Reduced-Runoff Irrigation of Alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal of irrigation and drainage engineering*. May-June pp: 123-130.
- FAO, 2021. Situación Alimentaria Mundial. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es>. Consultado julio, 2021.
- Gamal El Afandi, Fouad A. Khalil, y Samiha A. Ouda. (2010). Using Irrigation Scheduling to Increase Water Productivity of Wheat-Maize Rotation under Climate Change Conditions. *Revista Chilena de Investigaciones Agropecuarias*, 70:474-484.
- González F.G., Slafer G.A. and Miralles D.J. 2003. Floret development and spike growth as affected by photoperiod during stem elongation in wheat. *Field Crops Res.*, 81:29-38.
- Lopes M. S., M. P. Reynolds, M. R. Jalal-Kamali, M. Moussa, Y. Feltaous, I. S. A. Tahir, N. Barma, M. Vargas, Y. Mannes and M. Baum. 2012. The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Research* 128:129-136.
- Marcelo G. C. 2018. Tesis: "Deficiencia hídrica durante el período de crecimiento de las espigas en trigo y estrategias de tolerancia al estrés en diferentes cultivares". Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela para Graduados.
- Mendoza M.; Latournerie L.; Moreno E.; Castañón G.; Carrillo J C.; De León C.; García J. G. 2004. Cambios en la calidad de la semilla de maíz durante su desarrollo y maduración *Agronomía Mesoamericana*, vol. 15, núm. 2, 2004, pp. 155-160 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica.
- SIAP, 2020. Avance de siembras y cosechas, resumen por estado, 2021. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do. Consultado en julio, 2021.
- Solís M. R., J. Huerta E., H. E. Villaseñor M., A. Ramírez R., y P. Pérez H. 2008. Maya S2007: nueva variedad de trigo harinero para la región "El Bajío", México. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*. 34 (3): 365-370.
- Solís Moya E., Ramírez A., Ledesma L. y Cruz L. 2013. Guía para la producción de trigo. Celaya. Gto., México. SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Bajío. pp. 114-138

MATERIA ORGÁNICA, pH, NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO COMO INDICADORES DEL MANEJO SUSTENTABLE EN PLANTACIONES AGAVERAS

Lusmila Herrera-Pérez¹
Mario Alberto Tornero-Campante²
Fernando López-Morales³
Genoveva Rosano-Ortega¹

¹Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Facultad de Ingeniería Ambiental

²Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), EcoCampus Valsequillo

lusmila.herrera@upaep.mx

RESUMEN

El cultivo de mayor importancia agrícola en el municipio de Tequila, Jalisco es el agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul), siendo la única especie utilizada como materia prima para la obtención del tequila, establecido generalmente bajo el sistema de monocultivo. En tal municipio se han identificado el sistema de producción en policultivo, en donde se realizan algunas prácticas agroecológicas, entre las que destaca la incorporación de materia orgánica al suelo a través del pastoreo de ganado, con el objetivo de su aplicación como abono biológico. En la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas es indispensable conocer los indicadores de calidad del suelo para evaluar sus atributos con respecto a una función determinada. Los indicadores químicos son aquellas condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, entre otros, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, el pH, la conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno total y de materia orgánica, de la cual depende la fertilidad y productividad. La presente investigación planteó identificar la incidencia que tiene el manejo agronómico entre melgas y en plantas, aplicado a los dos sistemas de producción (monocultivo y policultivo) del agave azul en Tequila. Se realizó un análisis físico-químico de suelo para determinar los indicadores de calidad y corroborar su sustentabilidad ecológica. Se utilizó la metodología del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) y se realizaron en el laboratorio las determinaciones de los parámetros: textura, materia orgánica (MO), pH y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). Los resultados indicaron que el porcentaje de MO, es mayor en plantaciones con policultivo 3.06 (medianamente alto) con respecto a monocultivo 2.32 (suficiente), sin embargo, entre melgas presentó diferencia para la MO de 3.66 (alto) en policultivo y de 1.9 (medianamente bajo) en monocultivo. El pH y NPK presentaron mayores porcentajes entre melgas.

Palabras clave: *Agave tequilana*, monocultivo, policultivo, parámetros edafológicos

INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos con mayor importancia agrícola en el municipio de Tequila, Jalisco es el agave azul (*Agave tequilana* Weber var. Azul), la cual, es única especie utilizada como materia prima para la obtención del tequila y se establece generalmente bajo el sistema dominante de monocultivo (Sánchez, 2016; Zapata-Hernández *et al.*, 2020). En este sistema de producción es común el uso persistente de agroquímicos y una limitada o nula aportación de enmiendas orgánicas al suelo. Herrera-Pérez *et al.* (2017; 2018) refieren que el cultivo de agave se establece bajo dos sistemas de producción: monocultivo y policultivo, en este último se han identificado algunas prácticas agroecológicas realizadas por los agricultores, entre las que destaca la incorporación de materia orgánica (MO) al suelo a través

del pastoreo de ganado, con el objetivo de reducir las malezas y costos de compra de pastura y su uso como abono biológico.

En la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas es indispensable conocer los indicadores de calidad del suelo, los cuales refieren a los atributos que pueden ser medidos para evaluar la calidad con respecto a una función determinada. Los indicadores químicos son aquellas condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, entre otros, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Entre los indicadores químicos de calidad de suelo se encuentran comúnmente la disponibilidad de nutrimentos, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, contenido de nitrógeno total y de MO (Gutiérrez *et al.*, 2018). De estos indicadores, uno de los más característicos en la calidad del suelo es el contenido de la materia orgánica, pues de ello depende la fertilidad y la productividad del mismo (García *et al.*, 2012; Medina-Méndez *et al.*, 2017). El porcentaje de MO que puede contener un suelo en los sistemas de producción difiere el tipo de manejo realizado en ellos, normalmente cuando se realiza algún tipo de manejo, se reducen los contenidos de MO disponibles en comparación con los suelos que se encuentran bajo sistemas naturales (Quiroga *et al.*, 2018).

A pesar de que la MO proporciona diversos beneficios al suelo, también puede provocar efectos negativos ambientales o agrícolas debido a que el uso de materiales orgánicos no estabilizados puede ocasionar contaminación de acuíferos por la lixiviación de nitratos y la emisión de gases nitrogenados como el amoníaco y óxido nitroso (Trinidad-Santos y Velasco-Velasco, 2016).

En el cultivo de agave azul se han realizado muy pocas investigaciones para evaluar la calidad del suelo en el que se establecen las plantaciones, lo cual, repercute en la obtención de bajos rendimientos (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2010). En este contexto, desde el punto de vista agronómico, uno de los principales motivos para realizar el análisis de los indicadores físico-químicos del suelo en las plantaciones de agave, es para determinar la calidad y la capacidad de éste para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo en sus diferentes etapas de desarrollo. El análisis de suelo también es necesario ya que los policultivos extraen una gran cantidad de nutrientes, al mismo tiempo aportan más MO, pero no se conoce el balance final (Martínez-Palacios *et al.*, 2015). Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue identificar la incidencia que tiene el manejo agronómico aplicado en los sistemas de producción (monocultivo y policultivo) del *Agave tequilana* Weber var. Azul sobre los indicadores de calidad del suelo para corroborar su sustentabilidad agroecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Tequila en el estado de Jalisco, México, el cual se encuentra ubicado a 1,189 msnm y tiene un clima semicálido semihúmedo con una temperatura y precipitación media anual de 21.3°C y 910 mm, respectivamente. El suelo representativo en el municipio es el luvisol destinado principalmente a la agricultura con rendimientos moderados y alta susceptibilidad a la erosión (IIEG 2018).

Con base en la metodología del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) propuesta por Uvalle *et al.* (2007) se colectaron muestras de suelo en las plantaciones de agave azul cultivadas en dos tipos de manejo de sistema agrícola: monocultivo y policultivo, a las que se les evaluaron diferentes parámetros edafológicos (NPK, pH y MO). En el monocultivo se cultiva exclusivamente agave tequilero y el policultivo se intercala el agave tequilero con maíz, frijol principalmente, sin embargo, algunos productores lo intercalan con cacahuete, jamaica y nopales. En el policultivo los esquilmos agrícolas

de los cultivos intercalados se integran en las plantaciones además de las pencas de agave cuando son jimadas.

Las muestras fueron colectadas en el mes de abril del 2016 y para el estudio se seleccionaron plantaciones de *Agave tequilana* Weber con edades de entre 1 a 4 años, en promedio de 2.5 años, en este periodo se realizaron las principales labores agrícolas y la aplicación de productos químicos, con una superficie promedio de 3 a 5 hectáreas, para la selección de las plantaciones se consideró el criterio y la experiencia de los productores, respecto a las plantaciones fueron seleccionadas de manera dirigida, es decir, predios con monocultivo y policultivo. Las muestras se tomaron entre melgas (hileras o surcos) y entre plantas.

En cada sitio se colectó una muestra compuesta de suelo, se obtuvieron seis submuestras por hectárea de 1 kg de suelo cada una, a una profundidad de 40 cm con una barreta (Figura 1), de las cuales se separaron dos muestras por tipo de plantación seleccionada con un total 8 muestras. Respecto a la distribución de muestras, se obtuvieron 12 submuestras en cada plantación las cuales se mezclaron homogéneamente y reduciéndose a un total de dos muestras, es decir, una muestra tomada entre las melgas y la segunda entre el espacio que existe entre planta y planta (agave) para identificar el mayor porcentaje de MO. Las muestras fueron etiquetadas con información característica de las plantaciones datos para su posterior identificación.



Figura 1. Toma de muestra del suelo: entre plantas (a la izquierda) y entre hileras o melgas (a la derecha).

Previo a la caracterización, las muestras fueron secadas y tamizadas para realizar los análisis físico-químicos correspondientes en el laboratorio. Los parámetros edafológicos del suelo que se evaluaron fueron: a) Textura, la cual se determinó mediante el método de Bouyoucos (1962); b) Materia orgánica (MO) empleando el método de Walkley y Black (1934); c) pH determinado con un potenciómetro (relación agua-suelo 2:1); y d) Extracción de Nitrógeno por MicroKjeldahl; extracción de Fósforo (mg kg^{-1}) por el método de Bray Kurtz n° I y la extracción de Potasio (cmol kg^{-1}) con acetato de amonio. Asimismo, fueron consideradas las propuestas de; Uvalle y Vélez, 2007; Nikolaeva y Niño-de la Cruz, 2007; Ceja *et al.*, 2011; Uvalle y De la Torre, 2011 y Cota, 2011. Los resultados fueron referenciados y comparados por la Metodología DDI y por el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, a partir del análisis de medias (promedio) y un Análisis de Varianza (ANOVA) en el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). En la interpretación de los resultados de los parámetros edafológicos, los valores de referencia se

categorizaron con base a la Metodología DDI. Los cuales son: Deficiente (D), Bajo (B), Medianamente Bajo (MB), Suficiente (S), Medianamente alto (MA), Alto (A) y Exceso (E). Y de los valores del Laboratorio de Nutrición Vegetal: Rico, para el caso de N.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de suelo reflejó que las muestras 5 y 7 para la variable MO es mayor en policultivos: 3.54% (medianamente alto) y 4.55% (alto) entre plantas y melgas respectivamente, comparado con el manejo en monocultivo de 2.72% entre plantas y 1.90% entre melgas-suficiente y medianamente bajo respectivamente. Respecto al contenido de NPK todos fueron mayores en policultivos entre melgas (Cuadro 1), ya que existe un aporte de materia orgánica a través del estiércol con el pastoreo libre (partir del tercer año de la plantación) y de la aplicación de productos químicos al segundo cultivo con el que se intercala.

Cuadro 1. Parámetros edafológicos del análisis de suelo de *Agave tequilana* Weber var. Azul.

No. de muestras	Sistema	Tipo de muestra	Parámetros edafológicos				
			pH	MO %	Nt %	P mg kg ⁻¹ ppm	K cmol kg ⁻¹ ppm
1	Monocultivo	Entre plantas	6.07	2.78	0.38	22	0.76
2		Media	4.63	2.66	0.24	11	0.55
3		Entre melgas	5.35	2.72	0.31	16.5	0.66
4		Media	4.73	1.52	0.38	305	0.49
5		Media	6.04	2.28	0.24	5	0.88
χ	Media general Monocultivo	Media	5.37	1.90	0.31	155	0.68
6	Policultivo	Entre plantas	5.37	2.31	0.31	85.75	0.67
7		Media	5.55	3.54	0.2	160	1.03
8		Entre melgas	5.46	1.39	0.38	74	0.73
9		Media	5.51	2.47	0.29	117	0.88
10		Media	5.23	4.55	0.49	88	0.46
χ	Media general Policultivo	Media	6.34	2.78	0.38	511	0.67
χ	Media general Policultivo	Media	5.79	3.67	0.44	300	0.57
χ	Media general Policultivo	Media	5.65	3.07	0.36	208.25	0.72

pH

El género *Agave* prospera mejor en suelos de pH de 6.0 a 8.0. Por lo general, los nutrientes en los suelos se encuentran mayormente disponibles con un pH de entre 6.5 a 7.2, aunque se observa un buen desarrollo en un pH de 5.5 (Cota, 2011). Los resultados arrojaron que en el sistema de monocultivo el pH promedio fue de 5.37 (5.35 entre plantas y 5.38 para melgas), mientras que en el sistema de policultivo se obtuvo un pH de 5.65 (5.51 y 5.79 entre planta y melga respectivamente), es decir, suelos con pH ácidos, al respecto Valenzuela-Zapata (2003) refiere que en la zona de Tequila los suelos tienen un pH de 5.5, correspondientes a suelos ácidos o ligeramente ácidos. Normalmente el pH de un suelo, es bajo por exceso de los fertilizantes con azufre por largos periodos, principalmente el sulfato de amonio. Además, en el municipio de Tequila el suelo predominante es el luvisol (40.3%), que se caracteriza por la acumulación de arcilla, son suelos rojos o amarillentos (IIIEG, 2018), los

cuales son inundables y ligeramente ácidos, con pH promedio de 6.5 (INEGI, 1997). De acuerdo a la caracterización de las muestras de suelo, los resultados indican que, en la zona de estudio los suelos presentan un mayor porcentaje de arcilla, la cual se distribuye de la siguiente manera en promedio: 47.52% arcilla, 26.48% arena y 26% limo.

Cabe señalar que entre melgas se obtuvo un mayor valor promedio de pH que varió ligeramente de 5.4 a 5.7 en monocultivo y policultivo, respectivamente, debido a que entre melgas se encuentra el mayor porcentaje de MO, del cual el humus contiene grupos activos que se comportan como ácidos débiles. Esta diferencia explica porque los productores intercalan agave con frijol, siendo un factor de cambio para el pH, debido a la fijación simbiótica y a que los esquilmos agrícolas son incorporados a las plantaciones para su descomposición, esta actividad tiende a acidificar el suelo, una leguminosa tiende a acidificar por que liberan Hidrógeno para poder fijar el Nitrógeno Atmosférico, los iones hidrógenos liberados por la fijación del nitrógeno, participan en el proceso de acidificación del suelo (Campillo y Sadzawka, 2006).

Materia orgánica (MO)

El agave azul se desarrolla muy bien en suelos fértiles ricos en materia orgánica. Los resultados arrojaron que el porcentaje de MO en general es mayor en plantaciones con policultivo 3.07 (medianamente alto) con respecto a monocultivo 2.31 (suficiente). Sin embargo, entre melgas existe diferencia: MO de 3.67 (alto) en policultivo y en monocultivo de MO 1.90 (medianamente bajo). Valores bajos de materia orgánica del suelo indica un cierto grado de degradación por la pérdida de MO, la cual repercute directamente en la fertilidad del suelo y puede ser causado por el efecto de las prácticas agrícolas, aplicación de fertilizantes y en el laboreo del suelo, lo que provoca el deterioro de la estructura de éste (Soto-Mora *et al.*, 2016). Cuando el nivel de materia orgánica es bajo (menor del 2%) es recomendable aplicar 250 gramos de composta por planta más 50 gramos de 18-46-00 durante la plantación en agave azul (SAGARPA, 2015); mientras que la aplicación de estiércol o composta se recomienda para suelos con menos del 3.0% de MO (Uvalle y De la Torre, 2011). Dicha actividad la realizan los productores de agave en el sistema de policultivo, donde aplican fertilizantes químicos y orgánicos cuando intercalan cultivos lo que aumenta el porcentaje de MO y se refleja en los suelos muestreados.

Macronutrientes NPK

Los principales nutrimentos primarios en el cultivo del agave azul, como en la mayoría de plantas son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Uvalle *et al.*, 2007). El suministro adecuado de nutrimentos particularmente NPK y el mantenimiento de pH del suelo apropiado son esenciales para el crecimiento de los cultivos. El nitrógeno es el nutrimento requerido en mayor cantidad por la mayoría de los cultivos, por lo general, se presenta como más deficitario, especialmente en agroecosistemas que han tenido un uso agrícola prolongado, su único almacén en ese medio lo constituyen por un lado la fijación natural de nitrógeno y la materia orgánica, especialmente la fresca que se incorpora al suelo (Etchevers *et al.*, 2016; Quiroga *et al.*, 2018. Características coincidentes en los suelos de las planeaciones analizadas.

Para el sistema en monocultivo el porcentaje promedio de N fue de 0.30% y en policultivo 0.36%, estos valores indican que en ambos sistemas de cultivo presentan niveles óptimos y ricos en N. Aunque ligeramente en mayor en el policultivo derivado de la fijación de nitrógeno de las leguminosas y a que los productores aplican principalmente urea, como fertilizante químico. En cuanto al fósforo los resultados obtenidos del análisis presentan disparidad que va desde deficiente hasta excesivo, los promedios concluyen que en policultivo el P se encuentra de forma excesiva. La disponibilidad del fósforo depende del pH del suelo, en este sentido, el pH de las plantaciones en promedio fue de 5.6, correspondientes a pH ácido. Por último, los datos del potasio infieren que se encuentra en la categoría

de Alto principalmente en el manejo de sistema de policultivo, debido a que los suelos están integrados en casi la mitad de porcentaje de arcilla, en los suelos mientras mayor es el contenido de arcilla, mayor es el abasto de potasio (Uvalle *et al.*, 2007). Además de que los productores emplean una mezcla química de urea, cloruro de Potasio y micronutrientes en una proporción de 18-46-00 (SAGARPA, 2015).

Los análisis estadísticos no permitieron detectar diferencias significativas entre los manejos de sistemas. No obstante, datos muestran que en el policultivo los resultados son mayormente Alto, Suficiente y Rico en todos los parámetros edafológicos como podemos observar en el Cuadro 2. Sin embargo, cuando se comparan las medias de los resultados entre el mismo manejo de sistema entre melgas y plantas, tienen diferente distribución, los valores del N y K no muestran diferencia en el monocultivo, sólo en la MO (2.72% entre plantas y 1.90% entre melgas) y P (155 ppm entre melgas). Caso contrario en policultivo, en donde el K es el único parámetro con resultado mayor (0.88 ppm entre plantas), es imperante señalar que en ambos predios se intercala con maíz y frijol. Cuando no se realiza el intercalado la fertilización es directamente en la base de la planta, mientras que en policultivo se fertiliza tanto en la planta como en las melgas. En general, existe un balance adecuado entre los parámetros, al respecto Gutiérrez *et al.* (2018) mencionan que las prácticas de manejo aplicadas en los sistemas agrícolas suelos propician mejores condiciones nutricionales y biológicas, con incrementos en el contenido total de nitrógeno, nitrato y fósforo disponible.

Cuadro 2. Valores de referencia DDI en el análisis de suelo del *Agave tequilana* Weber var. Azul, para dos tipos de manejo: monocultivo (Mono) y policultivo (Poli).

No.	Tipo de manejo	Tipo de muestra	Parámetros edafológicos				
			pH	M.O. %	N %	P mg kg ⁻¹	K cmol kg ⁻¹
1	Monocultivo	Entre plantas	Suficiente	Suficiente	Rico	Medianamente bajo	Alto
2			Bajo	Suficiente	Rico	Bajo	Medio
3		Entre melgas	Bajo	Medianamente bajo	Rico	Excesivo	Medio
4			Suficiente	Medianamente alto	Rico	Deficiente	Alto
5	Policultivo	Entre plantas	Medianamente bajo	Medianamente alto	Rico	Excesivo	Alto
6			Medianamente bajo	Medianamente bajo	Rico	Alto	Alto
7		Entre melgas	Medianamente bajo	Alto	Rico	Alto	Medio
8			Suficiente	Suficiente	Rico	Excesivo	Alto

CONCLUSIONES

El porcentaje de materia orgánica fue mayor en plantaciones cultivadas de agave azul, bajo el sistema de policultivo respecto a las que se cultivan en monocultivo, sin embargo, las muestras entre melgas presentan diferencia, debido al pastoreo libre que se realiza en las plantaciones y a la aportación de los esquilmos agrícolas de los cultivos (agave, maíz, frijol). El nitrógeno fue el elemento que es su totalidad se presentó en la categoría de Rico bajo la metodología diagnóstico diferencial integrado, ello debido no sólo a la fijación de las leguminosas que se intercalan, también se debe a los agaveros

utilizan la Urea como fertilizante principal. El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio fue mayor entre melgas y en el sistema de policultivo. Los parámetros evaluados no mostraron diferencias significativas, sin embargo, la materia orgánica presentó mayores porcentajes y podría ser utilizado como indicador de manejo sustentable en plantaciones de *Agave tequilana* Weber var. Azul debido a que la práctica de intercalar cultivos genera una mayor aportación de MO al suelo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Sánchez, M. E., J. Velázquez-Mendoza, R. Maldonado-Torres, G. Almaguer-Vargas, A. L. y Solano-Agama, 2010. Diagnóstico de la fertilidad y requerimiento de cal de suelos cultivados con agave azul (*Agave tequilana* Weber). *Terra Latinoamericana* 28(3): 287-293.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Bray, R. H. and Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Campillo R., R. y Sadzawka R., A. 2006 La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados [en línea]. Temuco: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 38. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/8536> (Consultado: 27 julio 2021).
- Ceja, R. R., Rendón, L. A., y De la Torre, O. C. 2011. Selección de terrenos. Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave azul. Libro técnico, (1), 13-32.
- Cota, F. 2011. Manual técnico. Agave Azul, su manejo. Plan Agrí-Agaves. Guadalajara, Jalisco. GROPE. 2da edición. 82 p.
- Del Real L. J. I. (2019). Agave, materia prima del Tequila. Manual del técnico tequilero. Primera edición. Consejo Regulador del Tequila, Guadalajara, Jalisco, México.
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Sánchez, M. M., y Roosevelt, F. D. 2016. Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. México. pp, 63-79.
- García, Y., Ramírez, W. y Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y forrajes*, 35(2), 125-138.
- Gutiérrez D., J., Cardona, W., y Monsalve C., O. 2018. Potencial en el uso de las propiedades químicas como indicadores de calidad de suelo. Una revisión. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 11(2), 450-458. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.5719>
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M.A., Hernández-Plascencia, J.A. y Rodríguez-Macías, R. 2017. Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe18), 3711-3724. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.216>
- Herrera-Pérez, L., Valtierra-Pacheco, E., Ocampo-Fletes, I., Tornero-Campante, M.A., Hernández-Plascencia, J.A., y Rodríguez-Macías, R. 2018. Esquemas de contratos agrícolas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la región de tequila, Jalisco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(4), 619-637.
- IIEG (Instituto de Información Estadística y Geográfica). 2018. Tequila. Diagnóstico del municipio. Jalisco, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1997. El agave tequilero en el estado de Jalisco. 1997.

- Martínez-Palacios, A., Morales-García, J. L., y Rodríguez, S. G. (2015). Aspectos sobre el manejo y la conservación de agaves mezcaleros en Michoacán. CECTI, Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán.
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., Galvis-Spínola, A., Cortés-Flores, J. I., y Santiago-Cruz, M. 2017. Soil organic matter increase on fruit yield of mango trees, in Luvisols of Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 499-508. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.22236>
- Nikolaeva, V. y Niño-de La Cruz, V. 2007. Deficiencia inducida de elementos nutritivos en el cultivo del agave. In: Juan, Pérez, José del Real (Eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. pp. 89-119. Guadalajara, Jalisco, México. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.
- Quiroga, A. R., Fernández, R., y Álvarez, C. 2018. Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos. Ediciones INTA. 1a ed. Anguil, La Pampa. 123 p.
- Ruiz, J.A. 2007. Requerimientos agroecológicos y potencial productivo del agave (*Agave tequilana* Weber). In: Juan Pérez, José del Real (Eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. pp. 11-37. Jalisco. Prometeo editores. Libro técnico Núm. 4.
- Sánchez, S. A. 2016. Necesidades de información y comportamiento informativo de los agricultores de agave azul de Tequila, Jalisco: Un estudio de caso. *Investigación bibliotecológica*, 30(69), 143-178. <https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.04.016>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Agenda Técnica Agrícola de Jalisco. 124 p.
- Soto-Mora, E. S., Hernández-Vázquez, M., Luna-Zendejas, H. S., Ortiz-Ortiz, E., y García-Gallegos, E. 2016. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(5), 98-105.
- Trinidad-Santos, A., y Velasco-Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52-58.
- Uvalle, Jaime y Vélez C. 2007. Nutrición del Agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul). In: Juan, Pérez y José del Real (Eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. pp. 69-88. Jalisco. INIFAP. Libro técnico No. 4.
- Uvalle, Jaime, Cecilia Vélez y Ramírez, A. 2007. Muestreo y análisis de suelo en plantaciones de agave. In: Juan, Pérez y José del Real (Eds.). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de Agave tequilana Weber en la zona de denominación de origen del tequila. pp. 37-55. Jalisco. INIFAP. Libro técnico No. 4.
- Uvalle, J. y De la Torre C. 2011. Nutrición. In: Luis, Rendón, Martín Ávila, Benjamín Rodríguez y José del Real (Eds.). Manual técnico para el establecimiento de huertas madre de agave Azul. pp. 59-70. Jalisco: Consejo Regulador del Tequila A.C, Prometeo editores S.A. de C.V. Libro técnico Núm. 1.
- Zapata-Hernández, I., Zamora-Natera, J.F, Trujillo-Tapia, Ma. Nieves, y Ramírez-Fuentes, Eustacio. 2020. ¿La incorporación de residuos de diferentes especies de *Lupinus*, como abono verde, afecta la actividad microbiana del suelo? *Terra Latinoamericana*, 38(1), 45-56. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.501>
- Walkley, A. y Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.

Sección III:

AGROECOLOGÍA



TRATAMIENTO NATURAL DE *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY EN MAÍCES NATIVOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

Maria Alma Rangel-Fajardo^{1*}
Jorge Ismael Tucuch-Haas¹
Johnny Abraham Burgos-Díaz¹
Yolanda Isabel Canto-Canto²
Karina Yamily Gómez-Tec²

¹INIFAP. CIRSE. Campo Experimental Mocochá
²Instituto Tecnológico de Conkal
rangel.alma@inifap.gob.mx

RESUMEN

El cultivo del maíz se ve afectado por diversas plagas tanto en campo como durante el almacenamiento. Se pueden registrar pérdidas superiores al 50% debido principalmente a plagas como el gorgojo (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). El control de esta plaga es por medio de insecticidas químicos que pueden ocasionar intoxicaciones al productor o su familia. Debido a esto se han buscado alternativas naturales y accesibles como el uso de polvos a base de plantas. Se emplearon 10 materiales, siete criollos y tres variedades de polinización libre. Se colocaron 100 semillas en cajas de plástico, previamente pesadas, más 50 gorgojos por 360 hora. Se establecieron cuatro tratamientos, un testigo (solamente semilla y gorgojos) y tres dosis de polvo de epazote 1) 5 g de epazote / kilogramo de semilla; 2) 7 g de epazote / kilogramo de semilla y 3) 10 g de epazote /kilogramo de semilla. En un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se registró pérdida de peso, semillas dañadas y mortalidad de insectos.

Se observaron diferencias en la respuesta del control del insecto el material Nukuch nah sobresalió registrando las menores afectaciones, mientras que el tratamiento con epazote controló a los insectos desde la dosis de 5 g/kg de semilla. Es posible controlar exitosamente hasta en un 90% las poblaciones de gorgojo con el uso de polvo de epazote, la dosis con mayor efectividad fue de 7 g/kg de semilla.

Palabras clave: Plagas de almacén, pérdidas de cosecha, polvos vegetales

INTRODUCCIÓN

La diversidad presente del maíz en Latinoamérica favorece a satisfacer necesidades que responden a situaciones climáticas, edáficas y socioeconómicas. Este cereal forma parte de la dieta básica en varios países, principalmente en México, durante 2019 el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reportó siembras por 7 483 776 ha con una producción de 27 856 573 ton, donde el 79% corresponden a siembras que dependen del temporal.

El principal sistema de cultivo en México es autoconsumo, primordialmente en regiones de bajos recursos. Durante el proceso productivo del cultivo del maíz se presentan pérdidas ocasionadas por plagas, enfermedades o eventos climáticos. Sin embargo, se pone poco interés en las pérdidas que se generan durante el almacenamiento. En Yucatán, la actividad de conservar y proteger los materiales criollos o nativos de la zona ha presentado un auge. La mayoría de productores mantienen sus cosechas en los terrenos como estrategia de conservación, sin embargo, suele presentarse con frecuencia pérdidas generalmente debidas a pájaros y roedores, aunque la principal plaga que aqueja es el *Sitophilus Zeamais* Motschulsky. De acuerdo con varios autores (García-Lara *et al.*, 2003; Palafox-

Caballero *et al.*, 2008; Cerna *et al.*, 2010) esta plaga se ve favorecida en ambientes de trópico causando hasta un 80% de pérdidas, Suleiman *et al.*, (2015) observaron que granos almacenados a temperaturas mayores a 27°C presentaron daños severos de infestación y las poblaciones del insecto presentaron un crecimiento exponencial. García-Lara y Bergvinson (2007) sugieren que, para reducir pérdidas, es necesario mejorar las prácticas tradicionales de conservación y transferir los conocimientos de mejoras en las prácticas de almacenamiento y conservación a los productores. El uso de extractos naturales o plantas con actividad insecticida es una práctica que se está recuperando de la agricultura de subsistencia (Lagunes y Rodríguez, 1989).

Con base en lo anterior el presente trabajo evaluó la eficiencia de control con diferentes concentraciones de polvos de epazote (*Dysphania ambrosoides* (L.) Mosyakin y Clemants.) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky en materiales criollos y variedades mejoradas de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se emplearon 10 materiales de maíz, siete de ellos nativos, obtenidos de productores locales de las comunidades de Libre Unión Yaxcaba y Xoy Peto, estos materiales fueron etiquetados con el nombre local que los productores proporcionaron, tres variedades de polinización libre pertenecientes al INIFAP, Sac beh, blanco Uxmal y Nukuch nah. Todos los materiales fueron obtenidos de la cosecha del ciclo PV 2019. Se verificó la calidad sanitaria de los lotes de semillas, para descartar la presencia de insectos o granos dañados o quebrados.

Control de insectos

Cultivo de insectos. Se colectaron *Sitophilus zeamais* Mostch en bodegas de almacenamiento del Sitio Experimental Uxmal INIFAP. Los insectos se identificaron y fueron colocados en frascos de un litro de volumen y con la tapa perforada y cubierta por una malla, para ventilación, se proporcionaron 500 g de semilla de maíz para su alimentación. Los frascos fueron monitoreados cada 15 días para eliminar insectos muertos y suministrar granos de maíz nuevos. Polvo de vegetal. Se obtuvieron plantas de epazote (*Dysphania ambrosoides* (L.) Mosyakin y Clemants.), estas fueron lavadas y se sometieron a secado a 72°C hasta alcanzar peso constante. Las plantas completas fueron molidas con ayuda de un molino de mano y posteriormente por un molino para moler café, con el objetivo de obtener un polvo fino. En cajas Petri de tres centímetros de diámetro y 1.2 cm de altura, con perforaciones cubiertas de malla de acero, se colocaron 100 semillas, que fueron previamente pesadas, más 50 gorgojos. Se establecieron cuatro tratamientos, un testigo (solamente semilla y gorgojos) y tres dosis de polvo de epazote 1) 5 g de epazote / kilogramo de semilla; 2) 7 g de epazote / kilogramo de semilla y 3) 10 g de epazote / kilogramo de semilla. Los tratamientos se expusieron por un periodo de 15 días (360 horas) y diariamente fueron monitoreados los insectos, al finalizar se registró la pérdida de peso, semillas dañadas o perforadas y mortalidad de insectos, todas las variables fueron expresadas en porcentaje.

Análisis estadístico

El diseño del experimento fue completamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones, donde el factor uno fueron los 11 materiales y el factor dos los tratamientos con polvo de epazote. Los datos fueron transformados con arcoseno y se sometieron a un análisis de varianza usando el paquete estadístico SAS 9.1®. La comparación de medias fue con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) y los resultados se expresaron en la unidad original.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta de control de *S. zemaïs* registró diferencias ($P \leq 0.05$) en los factores simples analizados. Por un lado, los materiales registraron diferencias en las variables de pérdida de peso y el porcentaje de grano dañado, el material Nukuch nah sobresalió registrando las menores afectaciones, mientras que el resto registraron reducciones en el orden de 11 a 6% y de 15 a 22% respectivamente (Cuadro 1). La variable mortalidad de *S. zemaïs* fue incrementándose hasta obtener porcentajes por arriba de 50% de mortalidad. En cuanto al factor que corresponde a tratamiento de control con epazote, la mayor pérdida de peso y granos dañados se registraron en el testigo, el tratamiento con 10 g/kg de semilla registró diferencia de 24.88 y 57.19% con respecto al testigo en ambas variables. Mientras la mortalidad de *S. zemaïs* al finalizar las 360 horas de evaluación fue superior en el tratamiento de 10 g/kg de semilla superando al testigo en 42.07% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio de las variables evaluadas en las semillas de maíz, resultado de los factores principales de variación.

Factores Materiales	Grano dañado	Pérdida de peso	Mortalidad de gorgojos porcentaje acumulado de 24 a 360 horas					
			24 h	96 h	168 h	240 h	312 h	360 h
Blanco Xnucnal	22,35 ab	8,64 a	17,81 a	37,61 ab	63,36 cde	63,36 cde	73,59 bc	73,59 bc
Amarillo 3.5 meses	15,85 ab	6,41 a	16,14 a	44,09 a	67,66 bc	67,66 bc	85,17 a	85,17 a
Blanco 3.5 meses	22,81 ab	11,12 a	6,39 b	30,53 bc	59,16 de	59,15 de	77,31 ab	77,98 ab
Chac choc 4 meses	16,79 ab	6,80 a	9,55 b	36,84 abc	66,36 bcd	66,36 bcd	79,27 ab	79,27 ab
Gallito blanco	18,08 ab	8,68 a	7,87 b	29,19 c	60,37 cde	60,37 cde	76,06 b	76,28 b
Blanco, olote grueso 4 meses	20,26 ab	8,32 a	4,25 b	31,57 bc	66,95 bcd	66,94 bcd	78,49 ab	78,49 ab
Criollo rosado	21,92 ab	7,89 a	4,02 b	32,17 bc	66,55 bcd	66,55 bcd	77,60 ab	77,60 ab
Sac beh	26,11 a	9,56 a	5,08 b	35,13 bc	56,90 e	56,9 e	65,43 c	65,64 c
Nukuch nah	11,97 b	5,5 a	5,15 b	36,19 bc	77,49 a	77,49 a	85,82 a	85,81 a
Blanco uxmal	16,45 ab	7,23 a	7,77 b	36,57 bc	72,65 ab	72,65 ab	80,89 ab	80,89 ab
DMS	13,85	6,31	5,68	7,81	8,29	8,29	8,74	8,67
Epazote								
testigo	62,59 a	26,43 a	0,81 c	6,14 c	32,03 b	32,03 b	48,29 b	48,29 b
5 g	6,17 b	2,17 b	7,41 b	39,55 b	75,04 a	75,04 a	86,85 a	86,85 a
7 g	4,29 b	2,02 b	18,78 a	51,05 a	79,27 a	79,27 a	89,23 a	89,23 a
10 g	3,99 b	1,43 b	6,62 b	43,22 b	76,64 a	76,64 a	87,47 a	87,92 a
DMS	7,06	3,21	2,9	3,98	4,23	4,23	4,46	4,42

Medias con la misma letra en cada variable y cada factor no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

La combinación de factores para evaluar la mortalidad de gorgojos registro para el nivel de 0 g/kg de polvo, entre 90 y 100% de insectos vivos durante las 360 horas que duró la evaluación (Figura 1 a) mientras que la concentración de 5 g/kg fue aumentando la mortalidad progresivamente hasta obtener entre 12 a 6% de sobrevivencia, dependiendo del material (Figura 1 b). El nivel de 7 g/kg registró reducciones contundentes de sobrevivencia desde las 24 horas, la diferencia del material con menor afectación fue de 67 puntos porcentuales de las 24 a las 360 horas (Figura 1 c). Mientras para el nivel de 10 g/kg esta reducción fue categórica desde las 24 horas donde el porcentaje de sobrevivencia mayor era de 49% para el material blanco xnuclal olote delgado y 360 horas después no había presencia de insectos vivos.

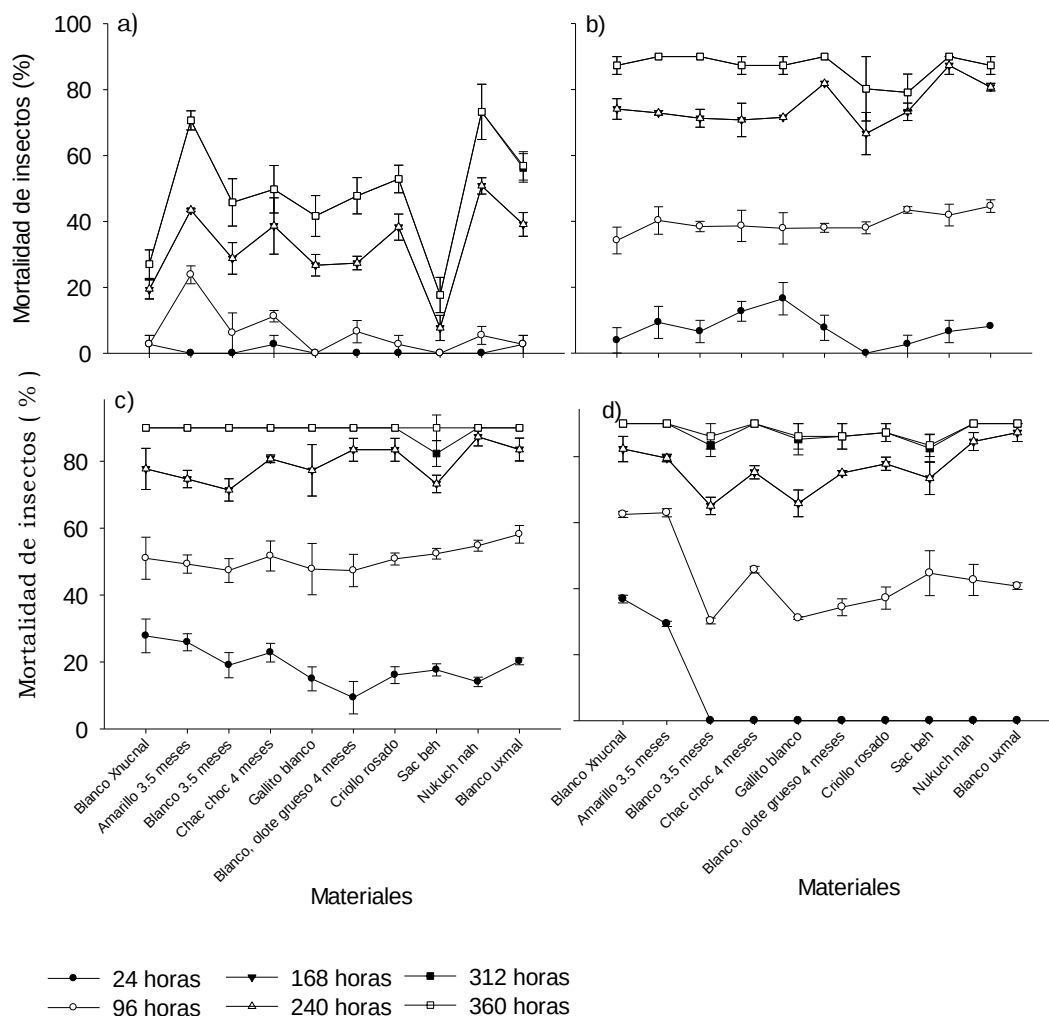


Figura 1. Sobrevivencia de gorgojos tratados con polvos de epazote. a) 0 g/kg testigo; b) 5 g/kg; c) 7 g/kg; d) 10 g/kg.

Estos resultados concuerdan con lo observado por Maggioni et. al. (2016) donde el crecimiento de las poblaciones de gorgojos y el daño causado fueron diferentes en las variedades evaluadas; lo que permite identificar que algunas variedades presentan características de tolerancia. En este estudio la variedad Nukuch nah fue la de menor pérdida de peso y menor porcentaje de grano dañado en este sentido Canneppelle et al (2003) concluyeron que existe correlación positiva con respecto a la presencia del gorgojo y la pérdida de peso del lote infestado. Por lo que es de vital importancia el control oportuno de

la plaga en este sentido, Caneppele *et al.* (2003) quienes reportan pérdidas de peso en maíz infestado por gorgojo en un promedio de 0.36% por día; Derrera *et al.* (2014) reportan pérdidas de peso que pueden ir de 19 a 56% después de cinco meses de infestación.

Con respecto a los resultados obtenidos en los tratamientos con polvo de epazote, Denloye *et al.* (2010) encontraron que el epazote presentó buen control de gorgojos, de los tratamientos evaluados el uso de polvo de epazote fue el que evito la menor reducción de peso del lote de granos de maíz tratado. Mostrando que esta planta cumple con cuatro propiedades químicas básicas para el control de insectos en granos almacenados 1) toxicidad para adultos, 2) reducción de ovoposición, 3) actividad de ovicida y 4) toxicidad en estados inmaduros.

Aunque la respuesta de control del gorgojo en el maíz fue diferente en cada variedad es claro el efecto insecticida del epazote sobre el gorgojo. Algunos autores indican que el poder de control con el uso de polvos puede estar influenciado por el tamaño de la partícula del polvo, que puede actuar tapando los espiráculos de los insectos muriendo por asfixia (Denloye *et al.*, 2010), Ofuya y Dawodu (2002) demostraron que existe una relación directa con el tamaño de las partículas del polvo de plantas empleados y la mortalidad de los insectos; sin embargo, Deloye *et al.*, (2010) reporta que el epazote presenta acción ovicida y suprime la ovoposición, lo que indica una excelente oportunidad para la protección de granos almacenados. Cabe mencionar, que existe la evidencia de la interacción de sustancias químicas emitidas por el grano que desencadenan la interacción entre el insecto y el grano (Lara *et al.*, 2018), esto puede influir directamente en la intensidad de la infestación. Nwosu (2016) sugiere que las variedades con altos niveles de fibra cruda, ácidos fenólicos e inhibidores de tripsina generan condiciones de antixenosis y antibiosis mientras los materiales con altos niveles de proteína, almidón y minerales son susceptibles. Existen otras características como el color o el tamaño que influyen sobre la preferencia del insecto sobre el grano (Groote *et al.*, 2017), que serán analizados en estudios subsecuentes.

CONCLUSIONES

Es posible realizar el control de plagas de almacén con el empleo de polvos vegetales, en este caso resulto exitoso el uso con polvos de epazote; sin embargo, existe la influencia de las características que los materiales presentan, tanto físicas como químicas, las cuales pueden contribuir en el éxito del control de *S. zeamais*.

LITERATURA CITADA

- Caneppele, M. A. B., C. Caneppele, S. M. Lázzari. 2003. Correlation between the relation of level *Sitophilus zeamays* Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). Revista Brasileña de Entomologia. 47:625-630.
- Cerna, C. E.; A. L. Guevara, F. J. Landeros, F. Y. Ochoa, H. Z. M. Badii, P. V. Olalde. 2010. Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 42(1):135-145.
- Denloye, A. A., A. W. Makalanjuola, K. O. Teslim, A. O. Alafia, A. A. Kasali, O. A. Eshilokum. 2010. Toxicity of *Chenopodium ambrosoides* L. (Chenopodiaceae) Products from Nigeria against three storage insects. Journal Plant Protection Research. 50(3): 379-384. DOI: 10.2478/v10045-010-0064-7

- Derera, J., V. K. Pixley, P. D. Giga, I. Makanda. 2014. Resistance of maize to the maize weevil: III. Grain weight loss assessment and implications for breeding. *Journal of Stored Products Research*. 59: 24-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2014.04.004>
- García-Lara, S., J.A. Burt, A. J. Serratos, P.D. Díaz, J. T. Arnason y D. Bergvinson. 2003. Defensas naturales en el grano de maíz, al ataque de *Sitophilus zeamais* (Motsch, Coleoptera: Curculionidae) Mecanismos y bases de la resistencia. *Revista de Educación Bioquímica* 22:138-145.
- García-Lara S. y J. D. Bergvinson. 2007. Programa integral para reducir pérdidas de cosecha en maíz. *Agricultura Técnica de México* 33(2):181-189.
- Groote De, H., B. Groote De, Y. A. Bruce, C. Marangu, T. Tefera. 2017. Maize storage insects (*Sitophilus zeamais* and *Protephanus truncatus*) prefer to feed on smaller maize grains and grains with color, especially Green. *Journal of Stored Products Research*. 71:72-80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2017.01.005>
- Lagunes, A. y C. H. Rodríguez. 1989. Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas. CONACYT. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 150 p
- Lara, U. V., D. J. Sebastián, C. Merlo, M. L. Peschiutta, M. P. Zunino. 2018. Insect-corn kernel interaction: Chemical signaling of the grain and host recognition by *Sitophilus zeamais*. *Journal of Stored Products Research*. 79:66-72. <http://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.08.002>
- Maggioni, K., L. S. Barboza, Z. X. Fernández, C. M. Bortoli, L. R. D. Barros, B. P. Ettore. 2016. Performance of populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on different varieties of maize. *African Journal Agricultural Research*. 11(10):873-881. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10505>
- Nwosu, L C. 2016. Chemical bases for maize grain resistance to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Journal of Stored Products Research*. 69:41-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2017.01.005>
- Ofuya, T. I. and E. O. Dawodu. 2002. Aspects of insecticidal action of Piper guineese Schum and Thonn fruit powders against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Nigerian Journal Entomology*. 19: 40-50.
- Palafox-Caballero, A., M. Sierra-Macías, A. Espinosa-Calderón, F. Rodríguez-Montalvo y Becerra-León. 2008. Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus spp.*) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica. *Agronomía Mesoamericana* 19: 39-46.
- Servicio de información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2021. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> Consultado el 30/03/2021
- Suleiman, R., K. A. Rosentrater, C. J. Bern. 2015. Evaluation of maize weevils *Sitophilus zeamais* Mostchulsky infestation on seven varieties of maize. *Journal of stored Products Research*. 64:97-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2015.09.005>

PERCEPCIÓN LOCAL DE LA DEGRADACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS EN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO

Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez¹
José Galdámez-Galdámez¹
Franklin B. Martínez-Aguilar¹
Héctor Vázquez-Solís¹
Jaime Llaven-Martínez¹
Isidro Zapata-Hernández¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V
ejimenez@unach.mx

RESUMEN

La degradación de los suelos constituye uno de los principales problemas de los sistemas agrícolas manejados con el enfoque de la agricultura moderna en las regiones tropicales y subtropicales de México. La investigación se realizó durante los primeros meses de 2021, con el objetivo de conocer la percepción local de los agricultores de cuatro municipios de la región Frailesca de Chiapas, con relación al estado actual de los suelos agrícolas usados para el cultivo de maíz de temporal. En cada una de las municipalidades se definieron tres relieves, alto, medio y bajo. En cada parte se seleccionaron a tres localidades, ejidos o rancherías; tomando como fundamento el padrón legal del núcleo básico de pobladores, se identificaron de forma aleatoria al 10% de actores locales, a los cuales se les aplicó una encuesta, incluyéndose en su contenido la temática de la degradación de los suelos agrícolas. En total se entrevistaron a 537 productores pertenecientes a los municipios de Villaflores, Villa Corzo, La Concordia y El Parral. Los resultados señalan que el 73% de los agricultores de la región Frailesca Chiapas, manifiestan que sus tierras agrícolas están empobrecidas; 71% y 70% de ellos consideran que la erosión hídrica y la compactación respectivamente constituyen las principales afectaciones de los suelos. En cuanto al empobrecimiento de los suelos en los tres relieves, 85%, 71% y 72% de los productores de las partes altas, medias y bajas respectivamente, reconocen la presencia de este fenómeno antrópico, destacándose en las partes altas el fenómeno de la erosión hídrica (91%), cuyos efectos repercuten en todas las microcuencas hidrográficas. Se concluye que el manejo sistemático bajo el modelo de agricultura tecnificada ha contribuido a la degradación de los suelos agrícolas del territorio.

PALABRAS CLAVE: Agricultura, convencional, impacto

INTRODUCCIÓN

El modelo de agricultura tecnificada, que se fundamenta en el uso de maquinaria agrícola, genotipos mejorados, monocultivo, uso excesivo de fertilizantes químicos, plaguicidas altamente tóxicos y demás insumos sintéticos externos, mostró en algunas partes de las regiones tropicales efectos positivos sobre el incremento de la producción de alimentos básicos en el corto plazo (Aguilar, 2014). Sin embargo, en el mediano y largo plazo este enfoque de producción de cultivos se tornó insostenible (Gliessman, 2002). La razón tiene su fundamento en los usos excesivos y efectos negativos sobre los factores ecológicos, económicos y sociales (Altieri *et al.*, 2011). Desde la perspectiva ecológica el uso de los componentes de la agricultura “moderna”, han dañado irreversiblemente los recursos naturales, en especial al suelo (erosión, acidez, encostramiento, compactación, pérdida de la fertilidad, disminución de la actividad biótica, etc.) y al agua (contaminación, lixiviación y eutrofización de aguas, demanda excesiva), además de la atmósfera (gases de efecto invernadero) (Aguilar *et al.*, 2017). El incremento

progresivo en los precios de los insumos de origen sintético (semillas, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes), aumentan potencialmente los costos de producción, y al combinarse con la degradación progresiva de los recursos naturales, se reduce el volumen de alimentos básicos producidos, impactando negativamente en la rentabilidad de los sistemas de producción y en consecuencia a la economía familiar, y a su vez a la economía agrícola estatal y nacional. En las zonas tropicales y subtropicales de México la degradación de los suelos agrícolas constituye un fenómeno alarmante, que se ha incrementado en las últimas cinco décadas como producto de la tecnología utilizada (Aguilar *et al.*, 2019). CONAFOR-UACH (2013) indican que el 90.7% de la superficie nacional presenta algún tipo de degradación de tierras (177,642 millones de hectáreas) originadas por causas naturales y antrópicas. La degradación del recurso suelo trae consigo daños colaterales, como son: pérdida de la biodiversidad natural y cultivada, afectación del paisaje agrícola, contribución con el cambio climático, alteración de los ciclos biogeoquímicos, contaminación de los cuerpos de agua, desertificación, etc. (Martínez-Aguilar *et al.*, 2020).

En el estado de Chiapas la degradación de los suelos agrícolas es un fenómeno importante, sobre todo en aquellas regiones en donde se ha utilizado la tecnología moderna. La Región Frailesca, ubicada en la Depresión Central de Chiapas, se ha considerado como la de mayor productividad por unidad de superficie de cultivos básicos, sustentando los procesos productivos con el uso de la tecnología convencional implementada desde la década de los setenta del Siglo XX. Los impactos de este modelo de producción tuvieron efectos positivos en el incremento de la producción de granos básicos en el corto plazo, pero negativos con el paso de los años (Aguilar *et al.*, 2017). Los efectos ecológicos negativos que originó esta forma de producción se observaron primeramente sobre el recurso suelo, originando su degradación, la cual progresivamente repercutió en la productividad, en consecuencia, dio inicio al incremento en el uso de insumos sintéticos con impactos negativos en la económica y socialmente a los agricultores que hoy usan y manejan los sistemas de producción de esta región (Aguilar *et al.*, 2021). La baja productividad de los suelos agrícolas de este territorio está directamente relacionada con la degradación de sus características físicas, químicas y biológicas, y con un complejo de interacciones del área ambiental, socioeconómica y tecnológica (López *et al.*, 2018; López *et al.*, 2019; Martínez *et al.*, 2020), que impactan en los volúmenes cosechados por unidad de superficie en los sistemas socioecológicos de la Frailesca.

La región Frailesca de Chiapas fue considerada en décadas pasadas como el “granero del Sureste Mexicano”, aquí se redujo la superficie cultivada con maíz de más de 150,000 ha en las últimas dos décadas del Siglo XX, a poco más de 60,000 ha actualmente (SIAP, 2020); a pesar de que este fenómeno tiene múltiples orígenes, la degradación de los suelos constituye el factor determinante que ha llevado a esta realidad. Esta situación trae consigo problemas socioeconómicos de mayor impacto, y constituye una problemática que impacta a escala regional y nacional, toda vez que se dejan de producir cultivos básicos para los mercados regionales y nacionales (Aguilar *et al.*, 2021). La presente investigación se realizó con el objetivo de conocer la percepción actual de los agricultores de la región Frailesca de Chiapas, México, con relación al estado actual de sus suelos agrícolas en donde se cultiva maíz principalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Región VI Frailesca del estado de Chiapas, la cual se localiza entre la Llanura Costera del Océano Pacífico y la Depresión Central del Estado, y está conformada por los municipios de Villaflores, Villa Corzo, La Concordia, Ángel Albino Corzo, Montecristo de Guerrero y El Parral. Presenta climas de los grupos cálidos y semicálidos, predominando el cálido subhúmedo con lluvias en verano, seguido por el clima semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano. Durante los meses de mayo a octubre presenta una temperatura mínima promedio que oscila entre los 12°C y

21°C, siendo la temperatura media de 27°C. La precipitación pluvial oscila entre 1,000 y 2,600 mm anuales (INEGI, 2012). La región Frailesca constituye un territorio de valles inter montanos, en donde el uso de prácticas no aptas para la agricultura de temporal de lluvias, han contribuido con el fenómeno de la degradación de los suelos.

Dado su mayor importancia y contribución en cuanto a producción regional del cultivo básico de maíz, la investigación se desarrolló en cuatro municipios: Villaflores, Villa Corzo, La Concordia y El Parral. Con la finalidad de captar la heterogeneidad de condiciones socioambientales en el gradiente altitudinal de la Frailesca, en cada municipio se definieron tres sitios de trabajo correspondientes con tres tipos distintos de relieve: Alto, Medio y Bajo. En cada uno de los sitios de trabajo se incluyeron a tres localidades (ejidos o rancherías), con excepción de El Parral en el que solo se consideró un ejido en la parte media y dos en la baja, debido a su configuración fisiográfica. En total, la investigación incluyó aproximadamente a 35 localidades, debido a que en algunas partes existe más de un relieve altitudinal. En el Cuadro 1 se presentan las localidades incluidas por cada sitio de trabajo y municipio, así como sus coordenadas geográficas y altitud promedio.

Cuadro 1. Municipios, relieves y localidades incluidas en la investigación, Frailesca, Chiapas.

Municipio	Relieve o altura	Ejido	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)
Villaflores	Alto	California	16° 26' 38"	93° 61' 27"	1120
		Los Ángeles	16° 27' 02"	93° 63' 83"	900
		Ricardo Flores Magón	16° 29' 86"	93° 59' 38"	720
	Medio	Guadalupe Victoria	16° 45' 77"	93° 12' 77"	760
		Agrónomos Mexicanos	16° 34' 91"	93° 53' 11"	670
		Tenochtitlán	16° 45' 63"	93° 36' 16"	620
	Bajo	Cauhtémoc	16° 31' 22"	93° 20' 91"	560
		Villa Hidalgo	16° 30' 47"	93° 15' 41"	545
		Villaflores	16° 23' 36"	93° 26' 66"	540
Villa Corzo	Alto	24 de Febrero	16° 10' 19"	93° 36' 13"	640
		Ignacio Zaragoza	15° 95' 50"	93° 22' 19"	760
		Tierra Santa	16° 00' 13"	93° 44' 19"	840
	Medio	Monterrey	16° 06' 16"	93° 36' 94"	680
		Ocotal Maravilla	16° 00' 22"	93° 22' 00"	720
		Revolución Mexicana	16° 17' 05"	93° 07' 47"	540
	Bajo	Villa Corzo	16° 11' 00"	93° 16' 00"	584
		Primero de Mayo	16° 09' 25"	93° 07' 00"	560
		Valle Morelos	16° 13' 63"	93° 00' 83"	560
La Concordia	Alto	Guadalupe Victoria	16° 01' 41"	92° 89' 61"	690
		Juan Sabines	16° 10' 30"	92° 85' 97"	560
		Ranchería Las Toronjas	15° 93' 02'	92° 97' 77"	700
	Medio	Benito Juárez	16° 04' 30"	92° 81' 80"	575
		Nueva Libertad	16° 09' 33"	92° 80' 83"	550
	Bajo	El Ámbar de Echeverría	16° 09' 75"	92° 83' 33"	550
		El Diamante	16° 11' 36"	92° 88' 02'	550
		Independencia	16° 09' 16"	92° 84' 02"	550

Continúa Cuadro 1...

El Parral	Alto	El Ocotil Linda Vista	16° 21' 55"	93° 04' 16"	1320
		Guadalupe	16° 16' 54"	93° 03' 01"	809
		El Retiro	16° 16' 20"	93° 01' 43"	697
	Medio	El Parral	16° 21' 55"	93° 07'	639
	Bajo	El Parral	16° 24' 07"	92° 57' 46"	597
		El Porvenir Jericó	16° 17' 31"	92° 57' 59"	639

Para la obtención de la información en la fase de campo, se estructuró un cuestionario para la encuesta, en cuyo arreglo se incluyó el componente de la degradación de los suelos, mismo que se usó en la presente investigación. Dicho instrumento de diagnóstico se aplicó al 10% de los ejidatarios y/o pobladores, seleccionados al azar, del padrón legal del núcleo básico de cada localidad. En total se entrevistaron a 537 agricultores regionales cuya principal actividad agrícola es el cultivo de maíz de temporal de lluvias. Con el apoyo de estudiantes de servicio social de la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas, se aplicaron los cuestionarios durante los meses de enero a marzo de 2021. Obtenida la información en su fase de campo, se capturó en una base de datos de Excel Microsoft Office y usando el paquete estadístico SPSS Statistics Versión 19, se obtuvieron tablas de frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran dos elementos que caracterizan de forma genérica a los agricultores de la Frailesca, Chiapas, destacándose una edad avanzada y bajos niveles de educación formal. En cuanto al gradiente altitudinal, se destaca que, en las partes altas de la Frailesca, los agricultores son en promedio 10 años más jóvenes que el resto de la región, esto obedece a que las comunidades localizadas fundamentalmente en la Sierra Madre de Chiapas se formaron recientemente y sus pobladores fueron jóvenes que carecían de tierras en las partes más llanas de la región. Martínez-Aguilar *et al.* (2020) reportan edades similares al caracterizar componentes antropogénicos y naturales del agroecosistema maíz de la región Frailesca. Camacho-Vera *et al.* (2017) señalan que los mayores niveles de escolaridad y menores edades han demostrado mayor productividad de sistemas de producción agropecuaria, toda vez que esto le permite visualizar la posibilidad de implementar cambios tecnológicos que finalmente repercuten en beneficios socioeconómicos y ambientales de los agroecosistemas. Las edades longevas de los agricultores y sus bajos niveles de escolaridad formal son elementos que limitan el emprendimiento local hacia procesos de manejo ecológico del suelo.

Cuadro 2. Indicadores sociales de los productores agrícolas de la región Frailesca, Chiapas, México, 2021.

Descriptor	Regional	Parte Alta	Parte Media	Parte Baja
Edad	62.1	53.7	63.1	64.6
Escolaridad	4.5	3.9	5.1	4.1

En la Figura 1 se muestran los principales indicadores de la percepción actual de los agricultores de la Región Frailesca con relación al estado de degradación de sus suelos agrícolas. En cuanto al tipo de terreno, la mayoría sostiene que sus suelos están situados en orografía plana. Aunque debe mencionarse que la región de estudio se caracteriza porque casi todos los suelos agrícolas presentan diferentes grados de pendiente, lo cual los hace propensos a los procesos de erosión hídrica. 70% de los agricultores manifiestan que sus suelos están afectados por los procesos erosivos. López y Anaya

(1994) mencionan que la erosión hídrica ha constituido una de las principales formas de degradación de los suelos en esta parte del sur de México. La erosión hídrica está directamente relacionada con la eliminación de los residuos de la cosecha anterior con la quema o por el rastreo de ganado bovino principalmente; esto origina que la erodabilidad del suelo sea alta y que cuando ocurren eventos de precipitaciones torrenciales, el fenómeno de erosión hídrica es alarmante. Casi 50% de los agricultores reconocen la formación de canales en sus tierras, y en más del 20% de éstas se han convertido en cárcavas, lo que indican procesos avanzados de erosión hídrica. Camas *et al.*, (2012) al ensayar sistemas agroforestales en comparación con sistemas de maíz en labranza de conservación, encontraron con este último, los mayores escurrimientos superficiales (mm), coeficientes de escurrimientos (%), mayor producción de sedimento (t ha^{-1}) y mayor degradación específica (t ha^{-1}). Lo anterior señala que el problema de la erosión hídrica percibida por los agricultores locales constituye un fenómeno que requiere ser atendido, ya que no existe la apropiación local de prácticas de conservación de suelos. Cerca del 90% de los agricultores manifiestan utilizar estrategias de conservación de suelos, sin embargo, estas están fundamentadas en dos elementos, la no quema y la no utilización del arado mecánico. En el primer caso, en muchos sistemas de producción local, los agricultores señalan que las quemaduras suceden de manera *accidental*, mientras que el rastreo por el ganado o venta del rastreo para la alimentación animal, constituye una práctica generalizada que afecta negativamente a la fertilidad de los suelos agrícolas de la región, a esto se suma la no aplicación sistemática de materia orgánica requerida para evitar su degradación.

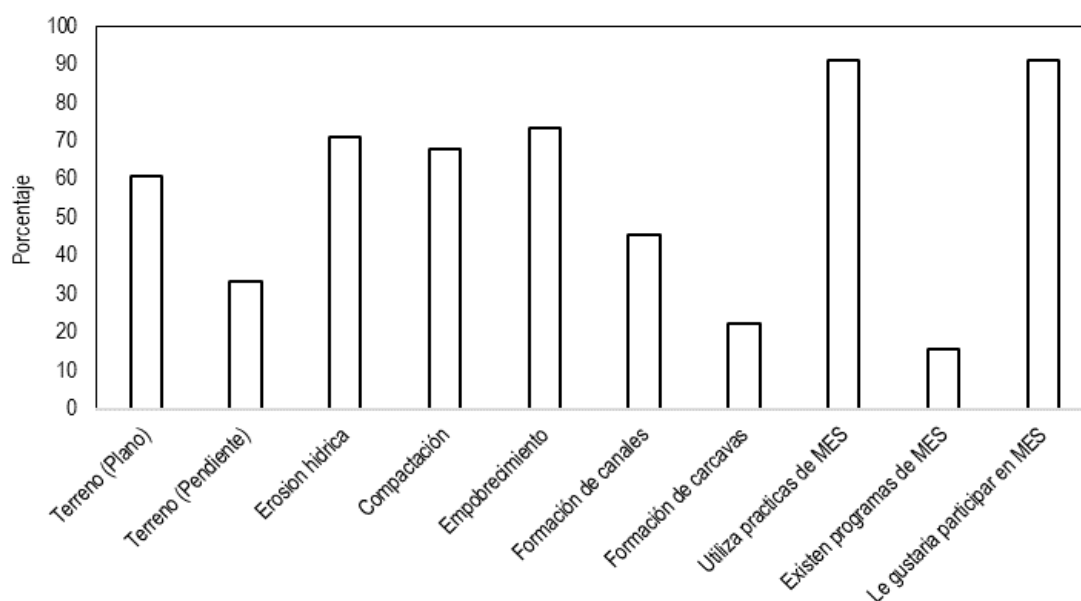


Figura 1. Percepción local de los Indicadores de degradación de suelos agrícolas de la Frailesca, Chiapas, 2021

Más del 60% de los agricultores manifiestan que la compactación afecta a sus suelos agrícolas, y el empobrecimiento supera el 70%. El *endurecimiento* de los suelos, así como la pérdida de la fertilidad están directamente relacionados con los factores: manejo de estos, mecanización en terrenos con diferentes grados de pendiente, el monocultivo de maíz, alta utilización de fertilizantes sintéticos y otros agroquímicos, las quemaduras, la baja incorporación de residuos orgánicos, entre otros. López *et al.* (2018) señalan que las propiedades físicas, químicas y biológicas presentan diferentes grados de afectación, destacándose un problema generalizado de compactación tanto en la superficie (encostramiento) como en el subsuelo (piso de arado), originado principalmente por el laboreo intensivo de los suelos y el muy bajo contenido de materia orgánica. Así mismo, López *et al.* (2019) realizaron una caracterización

físico-química de los suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas, cabecera distrital de la región Frailesca, y concluyeron que los suelos presentan baja fertilidad por su generalizada acidez, bajos contenidos de materia orgánica, baja CIC, mínimo contenido de Ca, Mg, K, P, B, Zn, por lo que sugieren la necesidad de establecer estrategias que permitan incrementar la calidad del suelo con el uso de prácticas de agricultura sostenibles.

Finalmente, sólo 15% de los agricultores señalan la existencia de programas locales, oficiales o no gubernamentales, que promueven la conservación de los suelos agrícolas; manifestando el 90% de ellos su deseo de participar e iniciar procesos de manejo ecológico de los suelos (MES). Sin embargo, existen evidencias de la gestión y puesta en marcha de programas de conservación de suelos en la Frailesca durante las últimas dos décadas del siglo pasado (Nieuwkoop *et al.*, 1994). Esto señala que el estado mexicano a través de sus diferentes órdenes de gobierno ha dejado de atender esta problemática ambiental y productiva. Actualmente, los escasos programas que promueven un manejo ecológico de los suelos agrícolas de la región Frailesca están siendo operados por empresas privadas y por agencias de investigación y desarrollo que tienen presencia regional, cuyo marco de referencia es limitado debido a los escasos apoyos desde las políticas oficiales.

En el Cuadro 3 se presentan los diferentes indicadores percibidos por los agricultores de acuerdo a su ubicación altitudinal, destacándose en todos los casos la mayor intensidad de frecuencia de los elementos de la degradación del suelo en la parte alta, cuya orografía hace proclive a los suelos a los procesos de su deterioro, destacándose la erosión hídrica, la compactación, la pérdida de la fertilidad, la formación de canales y cárcavas, que debido a las condiciones climáticas de esta parte subtropical de Chiapas, la erosividad de la lluvia origina impactos irreversibles sobre los suelos agrícolas.

Cuadro 3. Percepción de la degradación de los suelos por relieve altitudinal de la Frailesca, Chiapas, México, 2021.

Descriptor	Parte Alta (%)	Parte Media (%)	Parte Baja (%)
Terreno (Plano)	16	70	71
Terreno Pendiente	83	23	21
Erosión hídrica	91	61	75
Compactación	87	65	64
Empobrecimiento	85	71	73
Formación de canales	73	40	40
Formación de cárcavas	41	15	21
Utiliza prácticas de MES	91	90	93
Existen programas de MES	31	14	12
Le gustaría participar en MES	99	93	86

MES: Manejo ecológico del suelo.

Resultados similares son reportados por López *et al.* (2018) y Martínez-Aguilar *et al.* (2020). Los efectos colaterales de estas formas de deterioro del suelo traen consigo efectos complejos en los sistemas socioecológicos de las microcuencas hidrográficas que componen este territorio de Chiapas. Un elemento que ha contribuido de forma determinante con la degradación de los suelos agrícolas en esta región de Chiapas es el incremento de la frontera agrícola, que a su vez es producto de la presión de uso del suelo promovida por el crecimiento poblacional endémico o como consecuencia de las migraciones de campesinos que han llegado a colonizar la Frailesca provenientes de otras partes de Chiapas, fundamentalmente población indígena Tzotzil de la Región de Los Altos de Chiapas, ubicándose gran parte de la población inmigrada en las partes altas de la región Frailesca, fundamentalmente en las montañas de la Sierra Madre de Chiapas. La cultura agrícola de la población

inmigrada incluye en los procesos productivos el uso del fuego como elemento para la preparación de los suelos agrícolas para la siembra de cultivos básicos, maíz y frijol principalmente. Lo anterior abona al proceso de degradación de los suelos agrícolas de las partes altas de la región de estudio.

CONCLUSIONES

La percepción actual de los agricultores con relación a la degradación de sus suelos agrícolas, indica que más del 70% de ellos reconoce y señala una preocupación por este fenómeno que afecta de forma sistemática al recurso edáfico, siendo la erosión hídrica, la compactación y la pérdida de la fertilidad natural, los principales elementos que contribuyen con su deterioro.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnológica por el apoyo financiero para operar la primera fase del Proyecto denominado: Prácticas agroecológicas para manejo ecológico de los suelos agrícolas de la Frailesca, Chiapas (FORDECYT-PRONACES-2019-05-305869).

LITERATURA CITADA

- Aguilar, J. C. E. 2014. La agricultura sostenible en el Valle del Tulijá, Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 183 p.
- Aguilar J. C. E., J. A. Morales C., J. Galdámez G., A. Gutiérrez M. y F. B. Martínez A. 2017. Prácticas agroecológicas para la agricultura sostenible en la Depresión Central de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 71 p.
- Aguilar, J. C. E., Galdámez, J. G., Martínez, A. F. B., Guevara, H. F., Vázquez, S. H. y Llaven, M. J. 2019. Eficiencia del policultivo maíz-frijol-calabaza bajo manejo orgánico en la Frailesca, Chiapas, México. Agroecosistemas. Revista para la transformación agraria sostenible. Vol. 7 (3): 64-72. DOI: <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
- Aguilar, J. C. E., Galdámez, G. J., Aguilar, A. E., Martínez, A. F. B., Llaven, M. J., Gómez, P. E. y Vázquez, S. H. 2021. El cultivo de maíz en la Frailesca, Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas. 198 p.
- Altieri, M. A., Funes M. F., Petersen P., Tonci Tomic, T. y Chito Medina, C. 2011. Sistemas agrícolas ecológicamente eficientes para los pequeños agricultores. Foro Europeo de Desarrollo Rural. Palencia, España. 27 p.
- Camacho-Vera, J. H., Cervantes-Escoto, F., Palacios-Rangel, M. I., Rosales-Noriega, F. y Vargas-Canales, J. M. 2017. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería. Revista Mexicana Ciencias Pecuaria. 8(1):23-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4313>
- Camas, G. R., Turrent, F. A., Cortes, F. J. I., Livera, M. M., González, E. A., Villar, S. B., López, M. J., Espinosa, P. N. y Cadena, I. P. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 3(2): 231-243.

- CONAFOR-UACH. 2013. Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo. Zapopan, Jalisco. Pp. 128-138. https://www.researchgate.net/publication/277890678_Linea_base_nacional_de_degradacion_de_tierras_y_desertificacion.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2012. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. INEGI. México, D.F. 155 p.
- López, M. J. y M. Anaya, G. 1994. Efecto de tres prácticas agronómicas sobre la conservación y productividad de suelos de ladera de la Fraylesca, Chiapas. Agricultura Técnica de México. Vol. 20 (2):113-130.
- López, B. W., R. Reynoso S., B. Villar S., R. Camas G. y J. O. García S. 2019. Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen 10 (4): 897-910. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>.
- López, B. W., R. Reynoso S., J. López M., R. Camas G. y J. A. Tasistro. 2018. Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen 9 (1): 65-79. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.848>.
- Martínez, A. F. B., F. Guevara, H., M. A. La O, A., L. A. Rodríguez, L., R. Pinto, R. y C. E. Aguilar, J. 2020. Caracterización de productores de maíz e indicadores de sustentabilidad en Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 11 (5): 1031-1042. DOI: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/publicaciones>.
- Martínez-Aguilar, F. B., F. Guevara-Hernández, C. E. Aguilar-Jiménez, L. A. Rodríguez-Larramendi, M. B. Reyes-Sosa y M. A. La O-Arias. 2020. Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. Terra Latinoamericana 38: 871-881. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.793>.
- Nieuwkoop, M. Van, W. López Báez, A. Zamarripa Moran, R. De la Piedra Constantino, F. J. Cruz Chávez, R. Camas Gómez, J. López Martínez. 1994. La adopción de las tecnologías de labranza de conservación en La Fraylesca, Chiapas. México, DF (México): CIMMYT. 93 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. Cierre de la producción agrícola por cultivo. SIAP-SAGARPA. México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

CALIDAD DEL FRUTO CON UN COMPLEJO HORMONAL Y MICRONUTRIENTES EN MANDARINA (*Citrus reticulata* Blanco)

Juan José Galván-Luna¹
José Alfredo Hernández-Maruri¹
Marco Antonio Bustamante-García¹
Mario Alberto Ovando-Montantes²

¹Departamento de Horticultura

²Departamento de Estadística y Cálculo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila
doctorgalvanluna@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de un complejo hormonal con micronutrientes en algunas características de calidad del fruto de mandarina en Montemorelos, Nuevo León, los objetivos de este trabajo fueron cuantificar los efectos del complejo hormonal Biozyme TF® y micronutrientes en calidad de la mandarina Dancy e identificar las mejores dosificaciones que den como resultado una mayor calidad del fruto en tres ciclos de producción (2017 – 2019). Se trabajó con un suelo no salino, arcilloso, con un pH de 7.1, rico en materia orgánica, y árboles con niveles deficientes de nitrógeno, magnesio y zinc, óptimo de potasio, calcio, hierro y cobre, pero bajos en manganeso. Se usaron como fuente el complejo hormonal Biozyme TF® y micronutrientes foliares: Poliquel zinc® y Poliquel multi®. Las variables evaluadas fueron: diámetro polar y ecuatorial, peso del fruto, firmeza del fruto, grosor de cáscara, número de gajos, número de semillas, grados Brix, pH, contenido de jugo, peso del jugo, volumen de jugo y contenido de vitamina “C”. Los resultados de las variables que se evaluaron muestran la no existencia de diferencias estadísticas significativas en los tratamientos al evaluar las variables: diámetro polar, grados brix, número de gajos, número de semillas, ph del jugo, porcentaje de jugo, peso de jugo y vitamina “C”. En cambio, hubo diferencias estadísticas significativas en los tratamientos peso de fruto, diámetro ecuatorial y volumen de jugo y diferencias altamente significativas en la evaluación de firmeza y grosor de cáscara del fruto. Se compararon los resultados de seis variables durante tres años de seguimiento, encontrándose una tendencia creciente y corroborando el efecto de los tratamientos aplicados.

Palabras clave: Mandarina, fruto, fitohormonas

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social, se realiza en poco más de medio millón de hectáreas, en regiones con clima tropical y sub-tropical de 23 entidades federativas. De esa superficie, aproximadamente 80% se destina a los denominados cítricos dulces, cuya producción es de 4.9 millones de toneladas por cosecha, principalmente de naranja (83% del total), toronja (8%), mandarina (5%) y la tangerina (4%) (SAGARPA, 2018).

De acuerdo con el Informe de USDA, correspondiente al mes de enero de 2021, se pronostica que la producción mundial de naranja y mandarina para 2020/21 aumentará 3.6 millones de toneladas métricas con respecto al año anterior, cifrando las 49.4 millones, ya que el clima favorable conduce a cosechas más grandes en Brasil y México. En consecuencia, también se pronostica un aumento del consumo, la fruta para procesamiento y las exportaciones frescas (Chile 2020).

En México se siembran 21 mil 675 hectáreas de mandarina en 19 estados, lo que da como resultado una producción de 300 mil 065 toneladas de mandarina, teniendo como principales estados productores a: Veracruz con más de 149 mil toneladas, Puebla con más de 55 mil toneladas y Nuevo León con más de 52 mil toneladas. El valor anual de la producción de mandarina se estima en \$813,495.96. (SADER, 2020).

Por otro lado, los reguladores de crecimiento se definen como compuestos orgánicos, naturales o sintéticos que modifiquen o inhiben el crecimiento o desarrollo de la planta, siempre que lo hagan de manera similar a como actúan las hormonas vegetales (Lluna, 2006).

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

En relación a los materiales utilizados Biozyme TF es un producto natural clasificado como regulador del crecimiento vegetal que, al aplicarlo a las plantas en desarrollo, acelera su crecimiento e incrementa el número y tamaño de frutos y con ello aumenta el rendimiento, así como la calidad de la cosecha (Arysta, 2014). En trabajos realizados durante 4 etapas experimentales en naranja "Valencia" concluyeron que la aplicación de Bionex 2.0 mL⁻¹ + Biozyme TF 2 mL⁻¹ + Foltron Plus 0.5 mL⁻¹ incrementa considerablemente el peso de fruto, así como algunas variables que mejoran la calidad, como sólidos solubles totales, color a*, color b*, diámetro polar, diámetro ecuatorial, contenido de jugo, pH, y número de gajos. (Galván, *et.al.*, 2016).

Poliquel multi es un fertilizante foliar quelatado de alta solubilidad, formulado con un complejo de varios agentes quelatantes o secuestrantes que acomplejan el Magnesio, Hierro, Manganeso y Zinc. Su aplicación permite prevenir las deficiencias nutricionales de los elementos menores y balancea la nutrición general de las plantas, para obtener mejores rendimientos y calidad de cosecha (Arysta, 2014). Trabajando con toronja se encontró que los efectos del complejo hormonal Biozyme* TF y los micronutrientes poliquel zinc y poliquel multi, se reflejaron con más efectos positivos en cuanto a las variables; peso del fruto, firmeza del fruto y % de ácido cítrico puntualizando con lo siguiente: El tratamiento de 8 mL⁻¹ de Biozyme* TF más 20 mL⁻¹ de poliquel zinc fue el que obtuvo los mejores resultados en cuanto a las variables evaluadas (Galván *et.al.*, 2014). Con base en los resultados obtenidos en naranja y toronja se cuantificaron los efectos del complejo hormonal "Biozyme ® TF" y micronutrientes en el rendimiento y calidad de la mandarina Dancy para identificar las mejores dosificaciones que den como resultado un mayor rendimiento y calidad de la mandarina Dancy en tres ciclos de producción (2017 – 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron iniciando en plena floración y caída de pétalos hasta la cosecha recolectando los frutos para su análisis en el laboratorio del departamento de Horticultura de la UAAAN, se utilizaron árboles de mandarina de 15 años de edad con un diseño de plantación rectangular a 8 x 4 m de distancia entre hileras y árboles respectivamente, con una altitud de 423 msnm y una precipitación de 600 a 1000 mm.

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

Descripción de los tratamientos

Primer experimento (2017).

Tratamiento	Cantidad aplicada por producto				
	Agua	Bionex	Biozyme TF	Poliquel Zinc	Poliquel Multi
1	8 L				
2	8 L	16 mL ⁻¹	0.5 mL ⁻¹		
3	8 L	16 mL ⁻¹	1.0 mL ⁻¹	2.0 mL ⁻¹	
4	8 L	16 mL ⁻¹	0.5 mL ⁻¹	3.0 mL ⁻¹	
5	8 L.	16 mL ⁻¹	1.0 mL ⁻¹		6.0 mL ⁻¹

Segundo experimento (2018).

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

Tercer experimento (2019).

Tratamiento	Agua	Bionex	Biozyme TF	Poliquel Zn
1	8 L	16 mL ⁻¹	0.5 mL ⁻¹	2.0 mL ⁻¹
2	8 L	16 mL ⁻¹	0.5 mL ⁻¹	
3	8 L	16 mL ⁻¹	1.0 mL ⁻¹	3.0 mL ⁻¹
4	8 L	16 mL ⁻¹	1.0 mL ⁻¹	
5	8 L	16 mL ⁻¹	1.5 mL ⁻¹	

Diseño experimental Se utilizó un diseño completamente al azar, 5 tratamientos con 4 repeticiones obteniéndose 20 observaciones en cada experimento, 60 unidades experimentales en total, representadas cada una por un árbol, utilizando la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (2000).

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso del fruto:

Politi (2013) concluye que la auxina de síntesis 3, 5, 6-TPA aplicada a una concentración de 20 mg L⁻¹, 71 días post-floración promovió el aumento significativo del tamaño del fruto en relación al control, sin una disminución estadísticamente significativa en el número de frutos cosechados y el rendimiento por planta y que la aplicación de fertilizante foliar N-P-K, Bonus® en ninguna de las fechas y concentraciones mejoró en forma significativa los componentes del rendimiento, los pesos promedio máximos encontrados en este trabajo son de 72.8 y 77.8 g. Por otra parte, Orduz-Rodríguez (2011) señalan que el tamaño final del fruto alcanzó un peso de 145 g y se le consideró como grande, observando también que el incremento del peso fresco en los últimos 3 meses de su desarrollo fue exclusivamente por el aumento del contenido de agua. Estos resultados comparados con los reportados en el presente trabajo (92.1, 98.2 y 94.5 en promedio de los tres años respectivamente, permiten considerarlos como frutos medios y aceptables para el consumo en fresco. (Fig. 1).

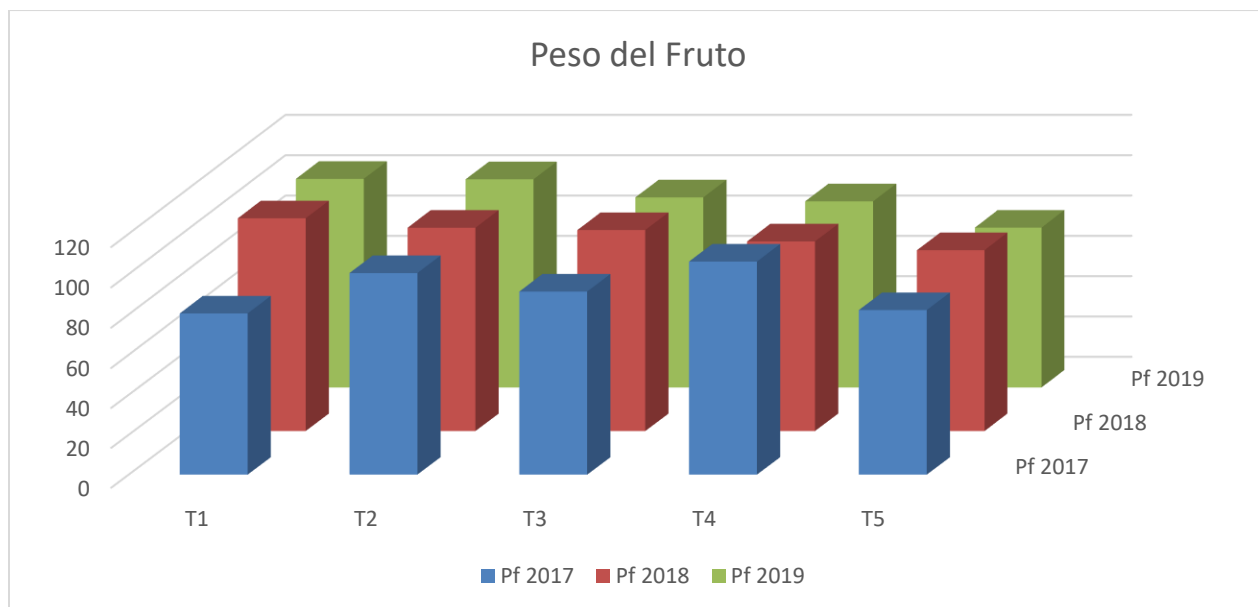


Figura 1. Comportamiento del peso del fruto de mandarina en los tres años evaluados aplicando el complejo hormonal Biozyme TF y el micronutriente Poliquel Zn, en Montemorelos, N. L.

Grados Brix

Mateus y Orduz (2015) en un experimento realizado con la variedad Dancy de mandarina encontraron en promedio de 5 años de evaluación 10.8 grados Brix, comparándolo con los resultados del presente trabajo se puede observar un promedio de 11.1 grados Brix, lo que indica un mayor contenido de azúcares (Fig. 2).

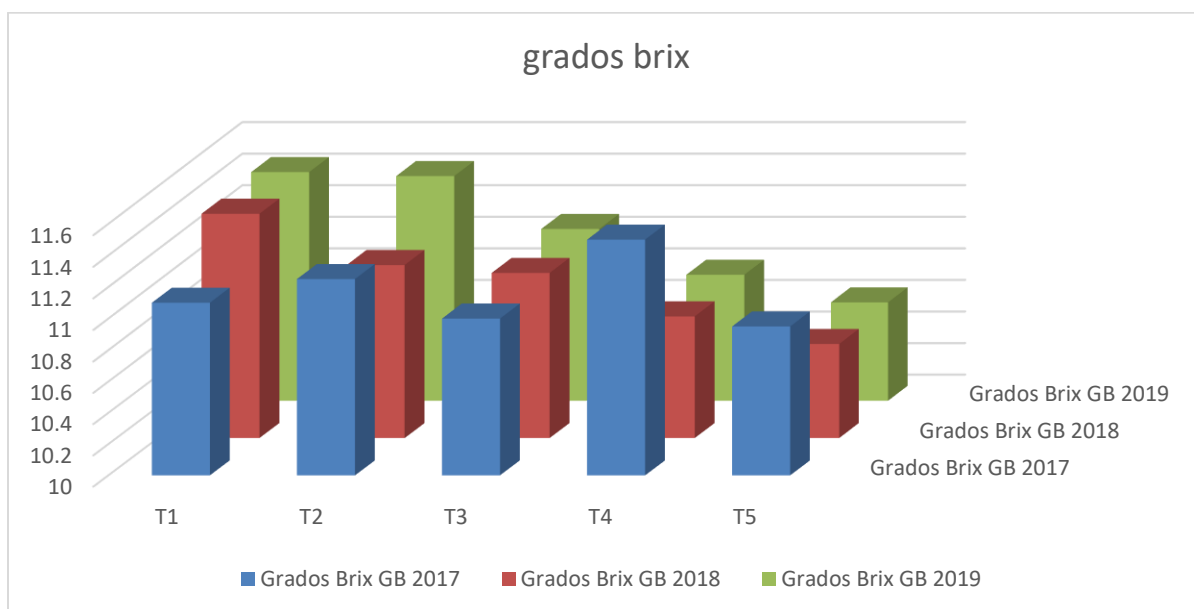


Figura 2. Comportamiento de los grados brix en los frutos de mandarina en los tres años evaluados aplicando el complejo hormonal Biozyme TF y el micronutriente Poliquel Zn, en Montemorelos N. L.

Vitamina C

Los parámetros de mayor importancia en la calidad de la fruta fresca son los siguientes (Wardowsky *et al.* 1979; Rocha y Padrón, 2009) Calidad interna: Sólidos solubles totales, acidez titulable, relación sólidos/ ácido, porcentaje de jugo e índice de color. Tamaño de fruto: expresado como número de frutos que caben en una caja estándar de empaque. Apariencia externa: considera manchas y otros daños que por su intensidad clasifican a la fruta en Grados de acuerdo a estándares para naranjas (USDA, 1997a; 1997b; 1999a), para toronjas (USDA, 1997c; 1997d; 1999b) y mandarinas (USDA, 1997e; 1999c). Otros conceptos: Número de semillas, aroma y facilidad para desprender la cáscara. Con lo anterior se puede constatar que los trabajos desarrollados en el Campo experimental de General Terán N. L., cercano al lugar donde se realizó el presente trabajo no consideraron a la vitamina C, siendo en la actualidad un parámetro importante y como se observa en la Figura 3 hay un incremento en los ciclos de producción, lo que implica la potencialidad de producir frutos con mayor contenido de vitamina C.

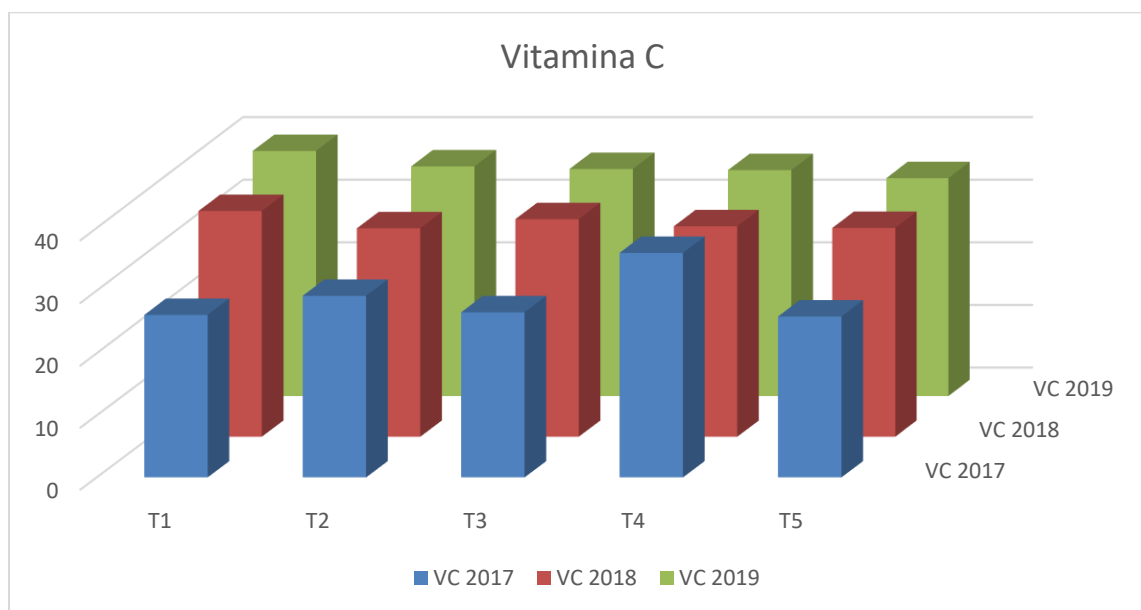


Figura 3. Comportamiento de la vitamina C del fruto de mandarina en los tres años evaluados aplicando el complejo hormonal Biozyme TF y el micronutriente Poliquel Zn, en Montemorelos N. L.

CONCLUSIONES

Los efectos del complejo hormonal (Biozyme TF) y el micronutriente (Poliquel zinc), presentan efectos positivo y progresivo en algunos parámetros de calidad de la mandarina Dancy, encontrándose como mejores dosis 0.5 mL^{-1} de Biozyme TF y 3.0 mL^{-1} de Poliquel Zn en el primer experimento y 0.5 mL^{-1} de Biozyme TF y 2.0 mL^{-1} de Poliquel Zn en el segundo experimento, mismas que afectaron favorablemente en peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial, volumen de jugo, grosor de cascara, peso de jugo, vitamina "C" y en cierto porcentaje en aumento de firmeza.

Al realizar el comparativo de los 3 ciclos de producción se observa por un lado la alternancia de producción y por otro el incremento de algunas características como la firmeza y el contenido de vitamina "C". Lo que indica la posibilidad de obtener frutos de mandarina con mayor contenido de vitamina "C".

LITERATURA CITADA

- ARYZTA LifeScience. 2014. Catálogo de productos agroquímicos.
- Chile. 2020. Previsión USDA 2020-2021: Alza en Naranjas, Soft Citrus y Pomelos. Baja en Limones y Limas. Comité de cítricos. Chile
- Galván Luna, Juan José, Fabiola Aureoles-R. y Víctor Reyes-Salas. 2016. Complejo hormonal con micronutrientes en naranja Valencia. Libro ISBN: 978-3-659-70361-4. Editorial Académica Española.
- Galván Luna, Juan José, Marco A. Bustamante García, Víctor M. Reyes Salas, Fabiola Aureoles Rodríguez, Andrés Martínez Cano, Ma. Guadalupe Pérez Ovalle y Floriberto Jaimes Cedillo. 2014. Efecto de un complejo hormonal y micronutrientes en toronja (*Citrus Paradisi* Macf). Congreso SOMECTA, 2014. Roque, Celaya, Gto.
- Gómez G. 2011. El cultivo de la mandarina (*Citrus reticulata*) en el municipio de Martínez de la Torre Veracruz. Tesis Universidad Veracruzana.
- Lluna D. R.; 2006. Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta, tecnología de la producción. Citado el 2 de septiembre del 2010 de: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Reguladores%20genea>
- Mateus-Cagua D, Orduz-Rodríguez JO. 2015. Mandarina Dancy: una nueva alternativa para la citricultura del piedemonte llanero de Colombia. Corpoica Cienc Tecnol Agropecu. 16(1): 105-112
- Orduz-Rodríguez, J.O., H. Monroy, G. Fischer y A. Herrera A. 2009. Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina (*Citrus reticulata*) 'Arrayana' en condiciones del piedemonte del Meta. Colombia. Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 3(2), 149-160.
- Politi Albisu Santiago. 2013. Mejora del tamaño de fruta y control de la alternancia en mandarina 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore). Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay.
- Rodríguez, Víctor A., Martínez, Gloria C., Mazza, Silvia M., Alvarenga, Luis, Ortiz, María L. 2008. Reguladores de Crecimiento, su Efecto sobre la Productividad de Mandarinas Clemenules. Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE. Sargento Cabral 2131 - (3400) Corrientes – Argentina.
- Rocha-Peña, M.A., y Padrón-Chávez, J.E. (Eds.). 2009. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
- SAGARPA. (2018) Atlas agroalimentario. 2012 – 2018.
- SADER, 2020. Mandarina: cítrico que comienza en otoño. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Fecha de publicación 17 de octubre de 2020.
- SAS Institute. 2000. SAS / STAT version 8.0. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

ABONOS SINTÉTICOS Y LOMBRICOMPOSTA EN HUERTA NUEVA DE LIMÓN PERSA *Citrus latifolia* Tan

Juan Valente Megchún-García^{1*}
Armando Vasquez-Ramírez¹
Dulce María Orozco-Corona²
Irma Rosa Vásquez-Robles¹
José María Báez-Espinoza¹
Ana Gabriel Milagro-Morales¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza

²Universidad Tecnológica de Querétaro. División de Tecnologías de Automatización e información
juanvalente.m@itsjc.edu.mx, juan.vm@jesuscarranza.tecnm.mx, juanmg_3@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de limón persa es una especie de importancia económica a nivel mundial, México es considerado un productor mundial de limón. Actualmente se busca mejorar los procesos productivos en el manejo de la fertilización. Los productores están acostumbrados a realizar el manejo bajo el enfoque de la revolución verde, que genera contaminación e impacto ambiental. El objetivo de esta investigación es evaluar la fertilización con lombricomposta y la fórmula de fertilizante mineral 90-22.5-22.5 en árboles de limón persa recién plantados en el municipio de Jesús Carranza, Veracruz. Este trabajo se desarrolló en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza, Veracruz, donde se evaluó ocho tratamientos de fertilización por árbol el T1: 0 kg/árbol, T2: 90-22.5-22.5 N-P-K kg/ha, T3: 2 kg/árbol de lombricomposta, T4: 3 kg/árbol de lombricomposta, T5: 4 kg/árbol de lombricomposta, T6: 90-22.5-22.5 N-P-K kg/ha + 2 kg/árbol de lombricomposta, T7: 90-22.5-22.5 N-P-K kg/ha + 3 kg/árbol de lombricomposta; T8: 90-22.5-22.5 N-P-K kg/ha + 4 kg/árbol de lombricomposta. Se midieron las variables altura de árbol, grosor de tallo, diámetro de copa de Norte a Sur (N-S) y Este a Oeste (E-O), pH del suelo y humedad del suelo (%). El diseño estadístico aplicado fue bloque al azar con cuatro repeticiones mediante una ANOVA y no paramétrico de Kruskal Wallis. Los árboles de limón persa manejados con el T3, fueron diferentes en la variable altura de árbol, los tratamientos combinados con lombricomposta y fórmula, mostraron mejor desarrollo de dosel de árbol. Con respecto a la humedad del suelo en la época de sequías, los árboles de limón manejados bajo la modalidad de temporal y abonados con lombricomposta presentaron mejor retención de la humedad en el suelo.

Palabras claves: Nutrición, cítricos, abonos orgánicos

INTRODUCCIÓN

La creciente conciencia ambiental sobre la contaminación, los impactos ambientales, la inocuidad y la seguridad alimentaria se ha ido incrementando en los últimos años. El uso intensivo de los fertilizantes sintéticos y pesticidas ha impactado negativamente las zonas agrícolas debido a que no solamente afectan el crecimiento de los cultivos, además disminuyen el control biológico de las enfermedades transmitidas por el suelo, y reducen la biodiversidad, ya que destruyen el ecosistema, los insectos benéficos y las especies que sirven de alimento a pájaros y otros animales (Andrade y Ayaviri, 2017; Castillo *et al.*, 2020). El uso de fertilizantes químicos generan la contaminación por fuentes nitrogenadas hacia las aguas subterráneas, esto es provocado porque se utilizan en grandes cantidades en los cultivos, o bien al ser eliminados o arrastrados por el agua y el viento antes de ser absorbidos por la planta y retenidos por el suelo. En algunos países desarrollados ha provocado que su uso sea restringido, y se busque otras formas de fertilización más sostenibles y de menor impacto al ambiente.

y la salud pública (FAO, 2020; Eugencios *et al.*, 2017). La técnica de lombricompostaje es una herramienta ambiental racional con el manejo de residuos orgánicos procesados por las lombrices de tierra, que llevan a cabo el proceso de compostaje y produce un producto final de alto valor económico llamado “lombricomposta” además de tener un proceso limpio, seguro y de bajo costo para el productor (Ersahin *et al.*, 2009; Villegas y Laines, 2017).

Ciertas especies de lombrices de tierra pueden consumir residuos de material orgánico muy rápidamente y fragmentarlos en partículas muy pequeñas, debido a un órgano que poseen todas las lombrices conocido como “molleja trituradora”; las lombrices de tierra promueven una mayor actividad microbiana, esto ocasiona que el material (nitrógeno, potasio, fósforo y calcio) se libere y se convierta en formas que son mucho más solubles y disponibles para las plantas (Olivares *et al.*, 2012; Silveira *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2019; Acosta *et al.* 2021). La fertilización orgánica en árboles de cítricos ha sido aplicada en Veracruz, México. Por ejemplo, Berdeja *et al.*, (2018) evaluaron frutos de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) utilizando dos tipos de fertilizantes (inorgánicos y orgánicos), demostrando que no existen diferencias significativas en cuanto al valor de los parámetros del fruto (peso, grosor de cáscara, contenido nutrimental, etc.) por lo que la fertilización orgánica logró la importación y desarrollo del fruto similar a los árboles fertilizados de forma inorgánica (química). El objetivo de esta investigación es evaluar la fertilización con lombricomposta y formula de fertilizante sintético en árboles de limón persa recién plantados en el municipio de Jesús Carranza, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Jesús Carranza, localizado en el municipio de Jesús Carranza, Veracruz (Figura 1).

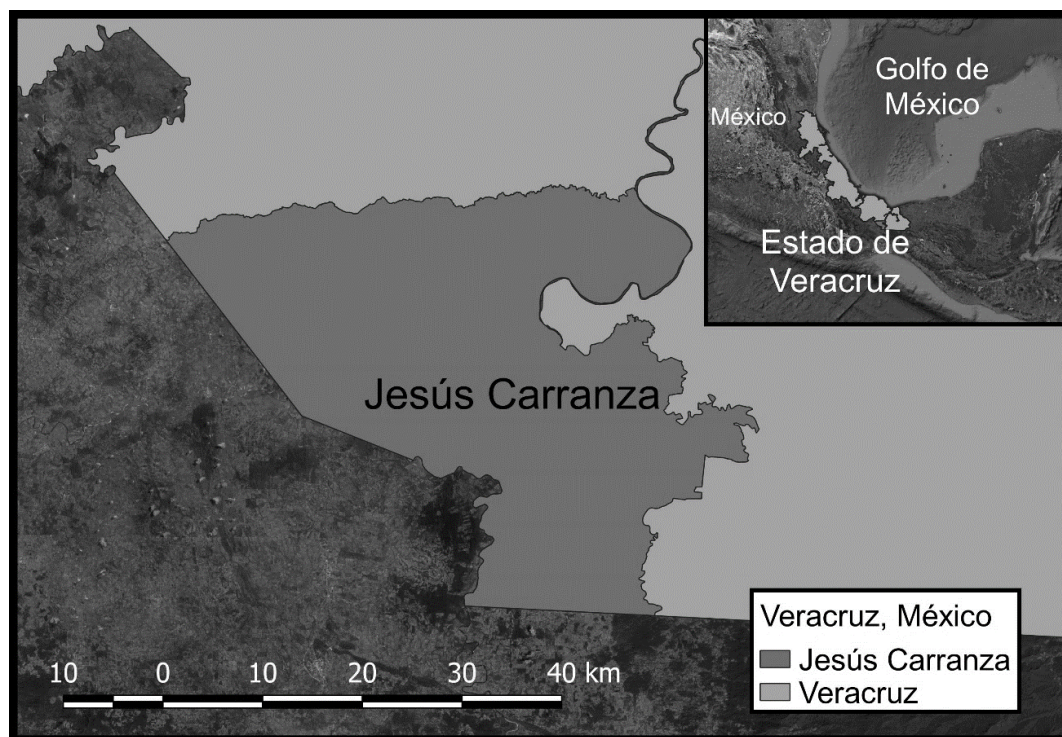


Figura 1. Ubicación del municipio de Jesús Carranza, Veracruz.

Tratamientos

La huerta fue plantada en el mes de diciembre del 2020, como parte del manejo de los árboles se ha realizado poda de formación, y poda de chupones y ramas que nacen del patrón de los árboles; además se realizan aplicaciones de foliares de Abamectina, ácidos húmicos y fúlvicos, aplicaciones hormonales con el producto Agromil V (Citocininas, Giberelinas, Auxinas y ácido fólico), aplicaciones foliares de fertilizante inorgánico líquido (Nitrógeno 5.9%+Fosforo 20.9%).

La nutrición de los árboles de limón fue realizado a los 127 días de edad, aplicando alrededor de los arboles los diferentes tratamientos de fertilización, a una distancia de 50 cm del tronco de los árboles (Cuadro 1). En la huerta se evalúan las diferentes dosis de fertilización a base de lombricomposta y formula químicas, como referencia la composición de la lombricomposta es [(C:18.57%, N total:2.24%, Relación C/N: 8.13, N-NO₃: 583 mg/kg, P: 0.12%, K: 0.79%, Ca:1.33%, Mg:1.21%, Na: 0.12%, Fe: 357 mg/kg, Zn: 91 mg/kg, Mn: 196 mg/kg, Cu: 38 mg/kg, pH: 6) Olivares *et al.*, 2012]. La fertilización realizada fue por árbol de limón persa injertados, algunos tratamientos son mezclados con la fertilización mineral, a base de N-P-K, con las fuentes de fertilizantes de Urea (46-0-0) y triple 17 (17-17-17). La dosis de fertilización mineral es por hectárea, se calculó la dosis por árbol con base a la densidad de plantación, que corresponde a 357 árboles por hectárea. Para la nutrición con formula (N-P-K), solo se realizó una aplicación en dosis enteras por árbol, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización con lombricomposta y mineral en árboles de limón persa.

TRATAMIENTO	FUENTE	Dosis de fertilización al suelo
1	0	0
2	MINERAL	90-22.5-22.5 NPK/árbol
3	Lombricomposta	2 kg/árbol
4	Lombricomposta	3 kg/árbol
5	Lombricomposta	4 kg/árbol
6	Mineral + Lombricomposta	90-22.5-22.5 NPK/árbol + 2 kg/árbol
7	Mineral + Lombricomposta	90-22.5-22.5 NPK/árbol +3 kg/árbol
8	Mineral + Lombricomposta	90-22.5-22.5 NPK/árbol +4 kg/árbol

La unidad experimenta consta de dos árboles de limón persa, con un árbol de orillero por cada lado de los árboles de estudio, cada tratamiento tiene cuatro repeticiones, y los tratamientos de dosis de fertilización están distribuidos en un diseño de bloques completos al azar (Cuadro 1). Las variables que se miden son altura de árbol, grosor de tallo, diámetro de copa de Norte a Sur (N-S) y Este a Oeste (E-O), el pH del suelo y humedad del suelo (%). Las variables fueron tomados a los 136 días y a los 164 días de edad de los árboles de limón. Para el análisis estadístico de las variables sobre el crecimiento y desarrollo de los arboles fertilizados, se realizó con el software Statistica versión 7, realizando un análisis de varianza y análisis no paramétricos de los datos con Kruskal Wallis, con una confiabilidad del 95%. Posteriormente se contempla analizar en suelo las concentraciones de N-P-K y micronutrientes y la respuesta de la nutrición en el dosel del árbol de acuerdo a los diferentes tratamientos. Hasta el momento se presentan avances de resultados sobre el crecimiento y desarrollo en árboles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento T3, en la primera fecha (136 días) de muestreo en la variable altura de árbol (figura 2), presenta diferencias estadísticas significativas con respecto a los

demás tratamientos, aunque es similar con respecto al tratamiento T5. Al realizar el segundo muestreo a los 164 días, se observó que el comportamiento de los árboles el tratamiento T3, fue superior presentando diferencia estadística significativa con respecto a los tratamientos, pero similar al T5, esto indica que los árboles de limón han respondido a la aplicación de las dosis de fertilización de 2 kg/árbol de lombricomposta seguido de la dosis de 4 kg/árbol de lombricomposta. Hay evidencia de resultados favorables en árboles de limón persa de 7 años de edad, con la aplicación de abonos orgánicos que aportan una buena nutrición para el desarrollo y crecimiento de árboles de limón, como es el manejo de 15 kg/árbol de kudzu aplicado al suelo en los meses de enero, abril y agosto, y el aporte nutrimental que proporciona es de 3.73 de N (%), 0.189 P (%), 1.96 de K (%), 0.78 de Ca (%), 0.32 de Mg (%), etc. (Berdeja *et al.*, 2018).

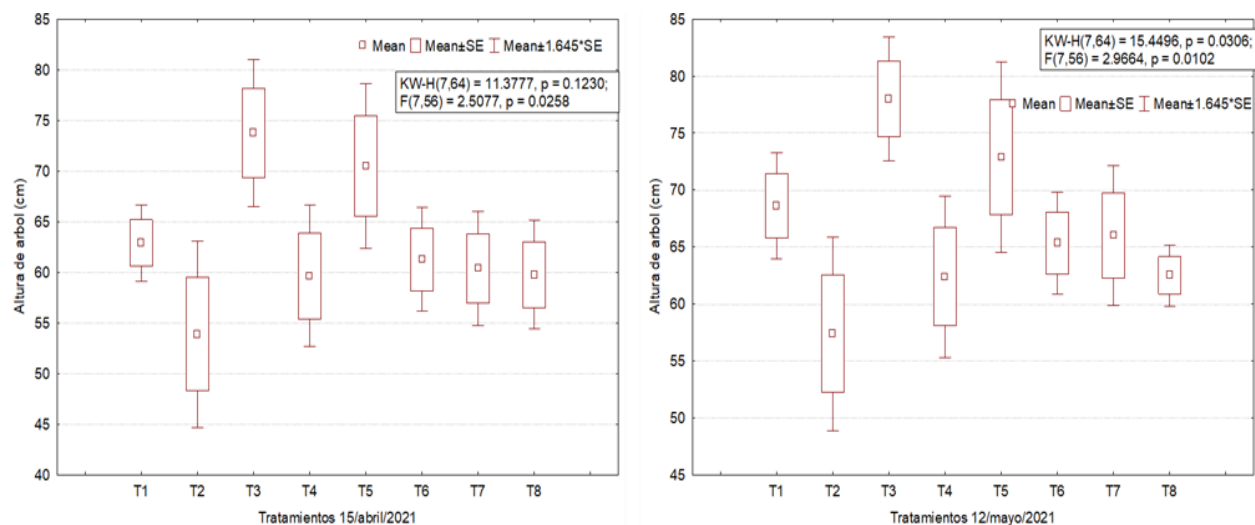


Figura 2. Altura de árbol con diferentes tratamientos de fertilización con lombricomposta y formula en limón persa menores de un año de edad.

En la variable diámetro de tallo de los árboles de limón (Figura 3), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos evaluados a los 136 días de edad, pero los tratamientos evaluados a los 164 días de edad, se observó que el tratamiento 8, presentó diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo sin aplicación de fertilizante.

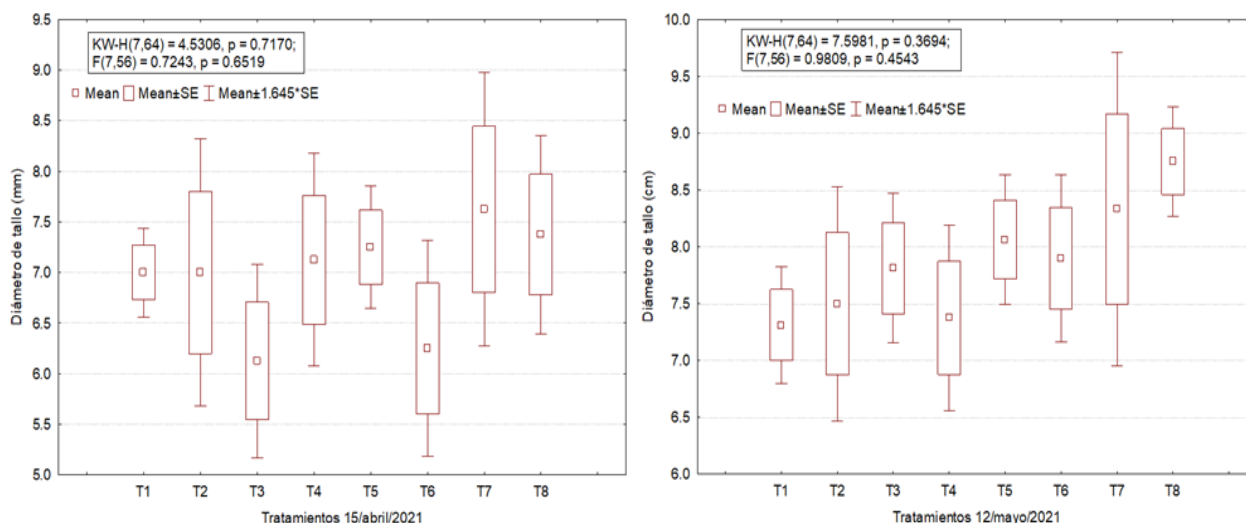


Figura 3. Diámetro de tallo en árboles de limón persa.

En la variable diámetro de copa medido a los 136 días en la posición de Norte a Sur (figura 4), se observó que los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas, con respecto al T7 se obtuvo que fue superior a todos los tratamientos, pero con valores similares al T5. Al evaluar las dosis de fertilización a los 164 días de edad, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Esto podría ser debido a la lenta liberación de nutrientes por la lombricomposta en arboles de limón, ya que solamente se mineralizan una fracción del contenido del nitrógeno total, aunque la respuesta puede ser similar a los arboles fertilizados con fertilizantes sintéticos, debido a que la lombricomposta son buenos sustitutos de la fertilización química en el aporte de nitrógeno, considerando que el 40% del fósforo está disponible para los árboles (Olivares *et al.*, 2012).

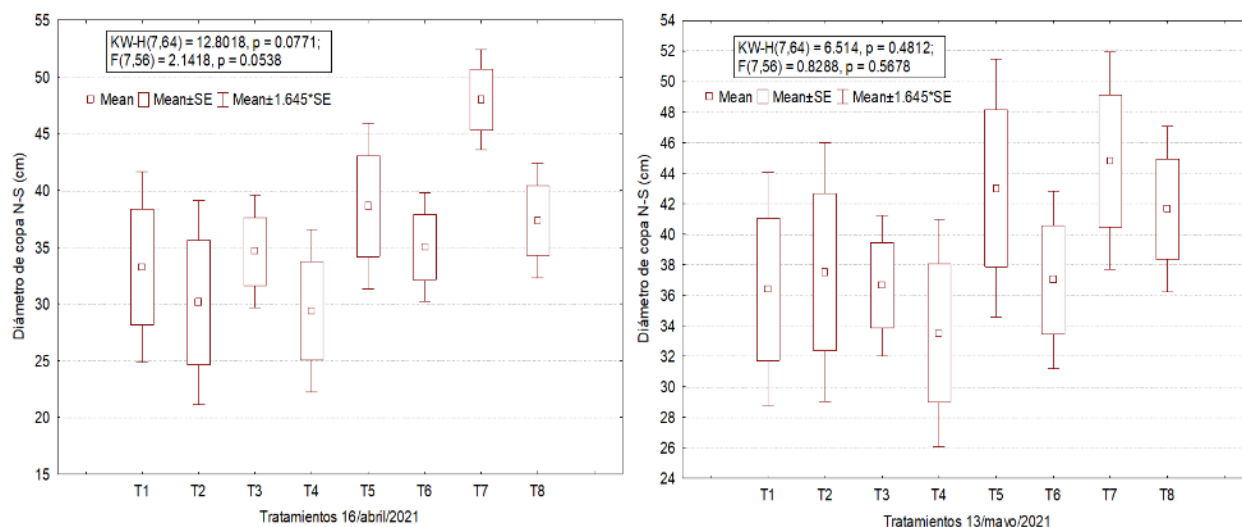


Figura 4. Diámetro de copa N-S de árboles de limón.

En la variable diámetro de la copa con orientación de Este a Oeste (figura 5), se observó que a los 136 días se presentaron diferencias estadísticas significativas, y el T7, T8 fueron superiores con respecto a los demás tratamientos evaluados, pero el tratamiento T6 y T7 presentaron valores similares. A los 164 días de evaluados los tratamientos se presentaron diferencias estadísticas significativas, observándose la superioridad del tratamiento T8 en el desarrollo de la copa.

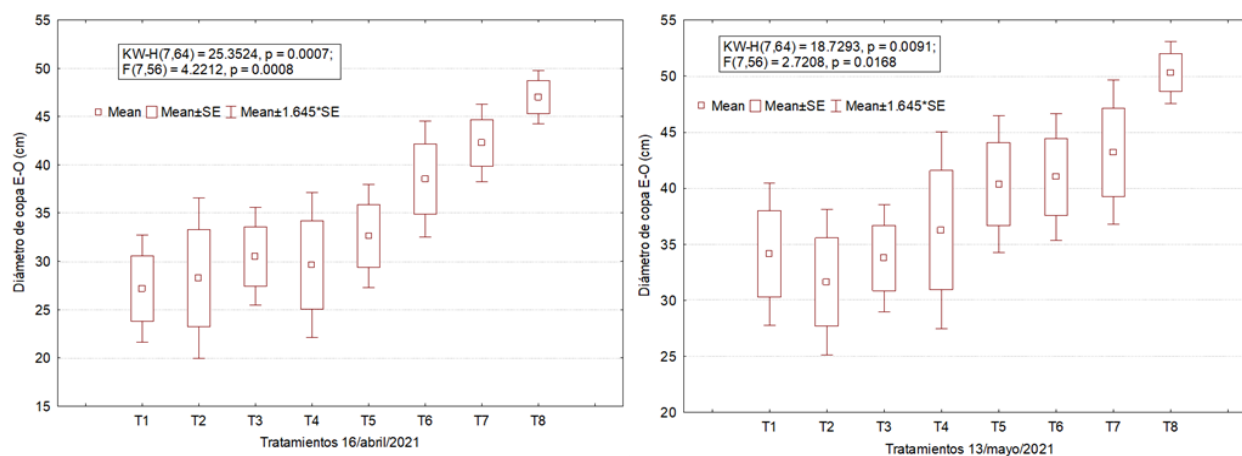


Figura 5. Diámetro de copa de E-O de árboles de limón.

En el pH medido en el suelo a los 136 días (figura 6), se observó que existe diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos evaluados de T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron pH entre los rangos de 6.6 a 7.0, y los tratamientos con dosis de fertilización alta presentaron pH ácidos el T6 pH de 5.3, el T7 con pH de 5.9 y el T8 con pH de 5.5. A los 164 días al medir el pH en suelo se observó que todos los tratamientos presentaron pH neutro de 7, con respecto al testigo. Respecto a otros trabajos de investigación en huertas de limón persa injertado en naranjo agrio (*Citrus aurantium* L), se observó el desarrollo de limón con una edad de 9 y 12 años, donde experimentaron pH en suelos medianamente ácido (5.66 y 6.16) a una profundidad de 0-30 cm; esto indico que los pH cercanos a neutro, favorecen la absorción de los nutrimentos y agua, en el extracto de suelo de una profundidad de 0-30 cm en el limón persa presentaron el mayor número de raíces, que a profundidades de 30 a 60 cm, y en profundidades de 60 a 100 cm, esta condición es dado por la aireación del suelo en profundidades menores (Contreras *et al.*, 2008). En árboles de limón persa manejados con materia seca con las cantidades de 1 kg al fondo de la cepa, y con el aporte de materia seca durante el desarrollo del cultivo, se observaron pH con valores de 6.2, la materia seca aplicado en árboles de limón propicio el crecimiento en altura y diámetro de tallo, esto refuerza los resultados que el aporte de abonos de origen orgánico cumplen con los requerimientos y demandas de nutrimentos de los cultivos, tal vez en una forma distinta a la acción que generan las fórmulas químicas (Rebolledo *et al.*, 2019).

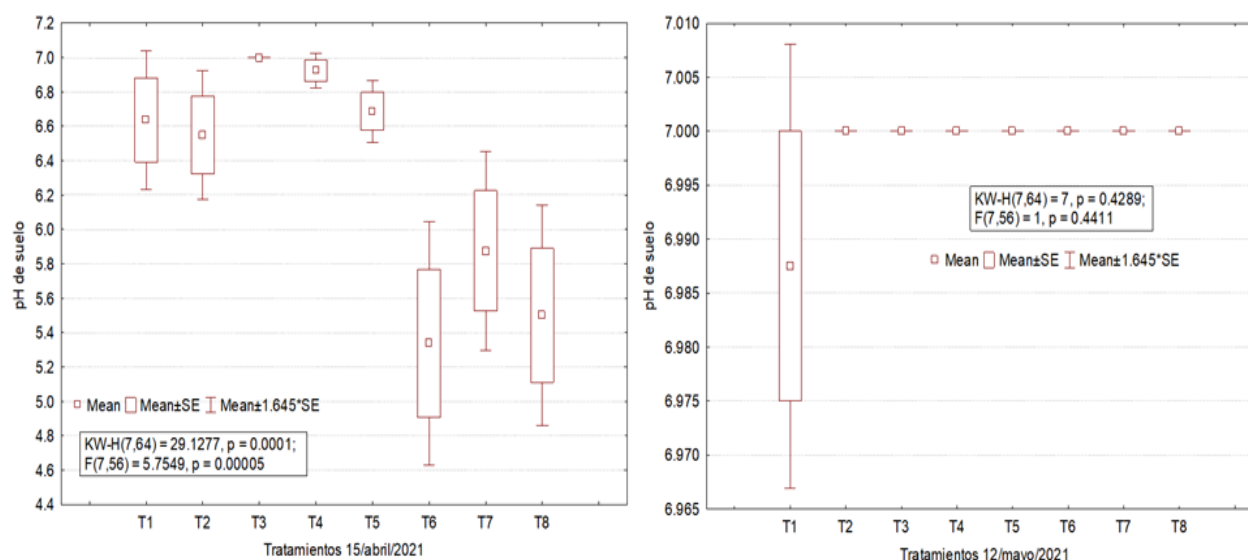


Figura 6. pH de suelo en árboles de limón persa.

Al medir la humedad del suelo (%) se observó que a los 163 días hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (figura 7), la mayor humedad en el suelo fue en los tratamientos T6 y T8 con respecto al testigo absoluto. A los 164 días se observaron diferencias estadísticas significativas siendo los tratamientos 6 y 8 superiores al testigo, pero iguales a los tratamientos T2, T3, T4 y T5. En huertos de limón persa en Nayarit, manejados con riego, se observó que la humedad no afecta la concentración de nutrimentos en los gajos de los frutos de limón, pero si interviene en los flujos de la floración del limón. El zn muestra un efecto con el manejo del agua principalmente en huertos con riego. En huertos manejados sin riego las concentraciones de fósforo y potasio en gajos de limón son menores a los encontrados en huertos manejados con riego, esto es por las características del suelo. Con respecto al calcio, azufre, hierro, cobre y boro el comportamiento fue igual manejado en limón en temporal y con riego (Mellano *et al.*, 2017).

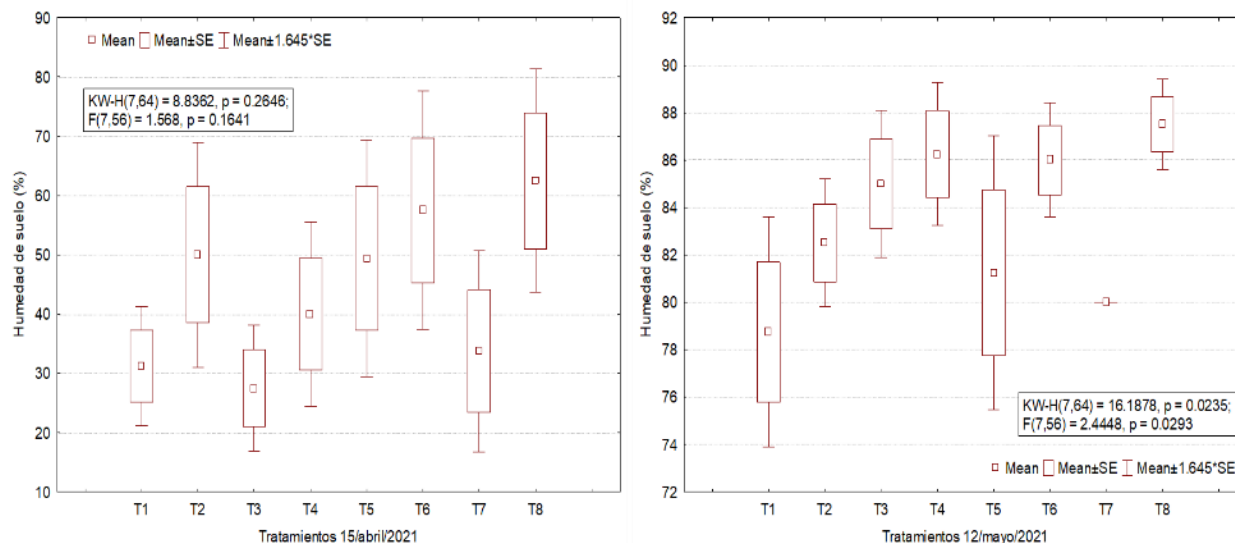


Figura 7. Humedad del suelo en árboles de limón persa.

CONCLUSIÓN

Los árboles de limón persa que se nutrieron presentaron superioridad en el crecimiento y desarrollo con respecto a los árboles sin aplicación de nutrientes al suelo. La aplicación de 2 kg/árbol de lombricomposta incremento la altura de árbol. Las aplicaciones mezcladas de lombricomposta y formula sintética, mostraron mejor desarrollo de dosel de los árboles. Con el pH, se determinó que existe un pH ligeramente ácido en suelo, se observó que los tratamientos manejados con abonos a base de lombricomposta, el pH tuvo una tendencia neutral, por lo que permitió una mejor asimilación de nutrimentos. Con respecto a la humedad del suelo, en la época de secas, los árboles de limón manejados bajo la modalidad de temporal, abonados con lombricomposta presentaron mejor respuesta a la retención de la humedad en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Acosta D. C. M., Bahena G. M. E., Chávez G. J. A., Acosta P. D., y Solis R. M. G. 2021. Sustrato de lombricomposta para el cultivo de Belén (*Impatiens walleriana* Hook. f.). Biociencias, 4(5). doi:<https://doi.org/10.15741/revbio.04.05.04>
- Andrade C. M., y Ayaviri V. D. 2017. Cuestiones Ambientales y Seguridad Alimentaria en el Cantón Guano, Ecuador. Información Tecnológica, 28(5).
- Berdeja A. R., Martínez P. G., Medel S. M., Méndez G. J. y Ibañez M. A. 2018. La fertilización química y orgánica al suelo en lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) mantiene el rendimiento y calidad del fruto. Acta agrícola y pecuaria. 4 (1): 10-17.
- Castillo B., Ruiz J. O., Manrique M. A. L. y Pozo C. 2020. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). Espacios, 41(10): 1- 11.
- Contreras M. E., Almaguer V. G., Espinoza E. J. R., Maldonado T. R. y Álvarez S. E. 2008. Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan). Revista Chapingo serie Horticultura. 14(2): 223-234.

- Ersahin Y. S., Haktanir K., and Yanar Y. 2009. Vermicompost suppresses *Rhizoctonia solani* kuhn in cucumber seedlings. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116(4): 182-188.
- Eugencios S. A. R., Álvarez C. M., y Montero G. E. 2017. Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas*, 26(1): 37-44.
- FAO. 2020. Perspectiva para el medio ambiente: Agricultura y medio ambiente. Retrieved from <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.html>
- Mellano V. A., Salazar G. S., Álvarez B. A. y Hernández G. C. 2017. Remoción de nutrientes por cosecha de limón persa en Nayarit y Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12: 3939-3952.
- Olivares C. M. A., Hernández R. A., Vences C.C., Jázquez B. J. L. y Ojeda B. D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28 (1): Universidad y ciencia. 28 (1): 27-37.
- Ramos O. C. A., Castro R. A. E., León M. N. S., Alvarez S. J. D., and Huerta L. E. H. 2019. Vermicompost to recover the fertility of sandy loam soil and peanut (*Arachis hypogaea* L.) yield. *Terra Latinoamericana*, 37(1).
- Rebolledo M. L., Megchún G. J. V., Rebolledo M. A. y Orozco C. D. M. 2019. Asociación de frutales de limón persa (*Citrus latifolia*) y palma de coco (*Cocos nucifera* L.) con el aporte de materia seca por cultivos anuales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 5(10):1248-1266.
- Silveira G. M. I., Aldana M. M. L., Piri S. J., Valenzuela Q. A. I., Jasa S. G. and Rodríguez O. G. 2018. Agricultural Pesticides: a framework for health risk evaluation in rural communities in the Mexican state of Sonora. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1).
- Villegas-C. V. M., y Laines C. J. R. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2). doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>

LA IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS PARA DISMINUIR LA ABSCISIÓN DE NARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbeck)

Manuel Ángel Gómez-Cruz¹

Laura Gómez-Tovar²

Luis Enrique Ortiz-Martínez³

Alejandro Hernández-Carlos¹

Brisa Guadalupe Gómez-Ochoa¹

¹CIIDRI-UACH. Universidad Autónoma Chapingo

²Depto. De Agroecología-CIIDRI-UACH. Universidad Autónoma Chapingo

³Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados

magomezcruz@live.com

RESUMEN

México es el cuarto productor de cítricos a nivel mundial (FAOSTAT, 2019) y el estado de Veracruz aporta el 53% de la producción nacional (SIAP, 2019). El problema de la abscisión de frutos de naranja cobró importancia notable 4 años atrás, pero en la realidad ya existía este problema desde hace 15 años, lo cual ocasiona pérdidas en la producción del 20% en la zona Norte de Veracruz (Gómez *et al.*, 2019). El ataque de patógenos: *Colletotrichum* spp, *Botryodiplodia* spp, *Fusarium* spp, *Citrus tristeza virus* (VTC), *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), *Citrus exocortis viroid* (CEVd) y *Hop stunt viroid* (HSVd); pueden influir, entre otros factores, en la caída de naranja. El experimento se llevó a cabo en la huerta 'Grupo Los Gómez' en el ejido de San Pablo, Papantla, Veracruz, México; en naranja 'Valencia' portainjerto 'Agrio' y en suelo tipo aluvión. El objetivo central fue evaluar 15 insumos agroecológicos para disminuir la abscisión de naranja, 7 de estos insumos con micorrizas y el resto sin su aplicación.

Palabras clave: agroecología, micorrizas, naranja orgánica

INTRODUCCIÓN

La naranja mexicana ocupa el 4° lugar en producción a nivel mundial, con 4.7 millones de toneladas para el año 2018, de la cual el 53% lo aporta el estado de Veracruz, siendo este el principal productor del cítrico en México (SIAP, 2019). El problema sobre la abscisión de frutos de naranja se ha estado presentando en la región Norte de Veracruz desde hace más de 15 años y comenzó a dársele importancia 4 años atrás ya que representa pérdidas económicas para el productor, en un principio este problema se presentaba principalmente en suelos de vega, pero a partir del 2018, la caída fue generalizada causando pérdidas de hasta el 20% (Gómez *et al.*, 2019), que en los 13 municipios, de mayor importancia en la producción de naranja, suman 393,565 ton al año (SIAP, 2019). La presencia de enfermedades como: Antracnosis (*Colletotrichum* spp), *Botryodiplodia citrícola*, *Fusarium* spp, *Citrus tristeza virus*, (VTC), *Candidatus Liberibacter asiaticus*, (CLas), *Citrus exocortis viroid* (CEVd) y *Hop stunt viroid*, (HSVd); entre otros factores, como el clima, deficiencias en la nutrición, tipo de suelo (plano y lomerío) y el manejo general de las huertas pueden influir en la caída de naranja (Gómez, *et al.*, 2017; Ovando, 2018; Gómez *et al.*, 2020).

La citricultura convencional con alto uso de agrotóxicos, fertilizantes y herbicidas como Glifosato no ha resuelto el problema de caída de naranja. Los productores orgánicos y agroecológicos están usando prácticas como las podas, bioles magros, compostas, microorganismos de montaña, microorganismos eficientes, caldos minerales, etc (Gómez Cruz M.A., *et al.* 2017). En este contexto el presente trabajo busca contribuir evaluando el papel de las micorrizas y su combinación con insumos orgánicos.

La palabra micorriza proviene del griego Mykes=hongo y rhiza=raíz y es utilizada para designar la relación mutualista que se establece entre las hifas de un hongo y los tejidos radicales de un gran número de plantas vasculares. Las plantas micorrizadas adquieren ciertas ventajas fisiológicas ya que el hongo crece rápidamente y aumenta la absorción y traslocación de nutrientes como el P, Zn, Ca, S, Cu y Mg. A su vez, la planta suministra al hongo carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos, lípidos, hormonas, vitaminas y además el beneficio en la absorción de diferentes nutrimentos (Ferrera-Cerrato y Pérez 1995). En la producción de plántula Ferrera-Cerrato y Pérez (1995) mencionan que las micorrizas aumentan el tamaño y las plántulas resisten al cambio en el trasplante por tener mayor absorción. Es importante reconocer que la micorriza no es sólo el hongo, o es algo estático como generalmente se cree; sino que es un proceso mutualista en el cual se conforma una estructura que permite el intercambio de agua y nutrimentos, mediante la interacción de ciertas partes especializadas de al menos dos individuos, planta y hongo (Andrade, 2010).

En 2019, el mismo grupo a cargo de la presente investigación realizó una evaluación de 8 tratamientos (Cuadro 1), para disminuir el problema de la caída de naranja. Se realizaron 10 aplicaciones por tratamiento cada 15 días (Gómez, *et. al.*, 2020). Los resultados obtenidos en campo en 2019 reflejaron que los tratamientos con microorganismos eficientes (EM) y agua de vidrio (cal y ceniza), permiten menos naranja caída respecto al testigo, con un 34.46%, y 27.96% respectivamente. El tratamiento menos efectivo fue el caldo sulfocálcico (azufre y cal) con un 18.92% más de naranja caída respecto al testigo.

Cuadro 1. Tratamientos orgánicos evaluados en 2019 para evitar la caída de naranja, en San Pablo, Papantla, Veracruz.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis (%)
1	Microorganismos eficientes (EM)	5
2	Microorganismos de montaña (MM)	5
3	<i>Bacillus subtilis</i>	0.5
4	Caldo sulfocálcico	5
5	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma sp</i>	0.5 de cada uno
6	<i>Trichoderma sp</i>	0.5
7	Agua de vidrio	1.5
8	Testigo	Testigo

Fuente: Gómez, *et. al.*, 2020.

Para el año 2020 el CIIDRI- UACH continuó la investigación y se planteó como objetivo evaluar micorrizas y 15 insumos agroecológicos y orgánicos y 1 práctica para disminuir la absición de naranja en una huerta orgánica. El CIIDRI busca una solución basada en insumos agroecológicos, a través del uso preferentemente de recursos locales, aplicación de materia orgánica, entre otros; disminuyendo la dependencia de insumos externos y sin uso de agrotóxicos, de tal forma que puedan usarlos los productores orgánicos certificados, además al ser prácticas de bajo costo podrían ser replicados por pequeños y medianos productores. En el presente caso se recurre al bioinsumo de las micorrizas por ser aceptado por la normativa orgánica y aunque es un recurso que se obtiene del exterior, su costo es accesible.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la huerta 'Los Gómez' en el ejido San Pablo, Papantla, Veracruz, México; en las coordenadas 20° 27' latitud N y 97° 11' longitud W, a 45 msnm, sobre naranja 'Valencia'

portainjerto 'Agrio' y con suelo tipo aluvión en el periodo del 1 de octubre 2020 al 5 de enero del 2021, en condiciones a campo abierto, bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y la unidad experimental consistió en un árbol (edad, tamaño y producción). Con el objetivo de evaluar la aplicación de las micorrizas y su efecto en la caída de naranja se utilizaron insumos locales y comerciales. Las variables que se cuantificaron son peso de fruta caída (PFC) y numero de fruta caída (NFC). Se realizó un análisis estadístico con la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el uso del paquete estadístico SAS 9.0 (SAS Institute, 2002).

Cuadro 2. Tratamientos orgánicos aplicados para el control de caída/ abscisión de naranja madura, en San Pablo, Papantla, Veracruz, 2020.

	Tratamiento	Numero de aplicaciones	Frecuencia
1	¹ Optifer amino (0.5%) + Micorriza ²	3	Mensual
2	¹ Optifer levadura (0.20%) + Micorriza ²	3	Mensual
3	¹ Xtralga (0.5%) + Micorriza ²	3	Mensual
4	¹ Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza ²	4	Mensual
5	¹ Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza ²	3	Quincenal
6	¹ Magro (10%) + Micorriza ²	4	Mensual
7	¹ E.M (5%) + Micorriza ²	3	Mensual
8	¹ Optifer amino (0.5%) *	3	Mensual
9	¹ Optifer levadura (0.20%) *	3	Mensual
10	¹ Xtralga (0.5%) *	3	Mensual
11	¹ Hidrolisis de pescado (1%)	4	Mensual
12	¹ Agua de vidrio (1.25%)	3	Quincenal
13	¹ Magro (10%)	4	Mensual
14	¹ E.M (5%)	3	Mensual
15	² Micorriza (0,76%)	1	Única aplicación
16	Limpia del ruedo del árbol con azadón	1	Única limpia

¹Aplicación foliar, ²Aplicación al suelo. MM significa microorganismos de montaña. M significa magro. EM significa Microorganismos Eficientes *Productos comerciales. Fuente: Elaboración propia, 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos mostraron un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en la variable caída de fruto, como se observa en cuadro 3. Al realizar la comparación de medias, se encontró que los tratamientos Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza; Optifer amino (0.5%) + Micorriza; E.M (5%) + Micorriza, solo Micorrizas y limpia con azadón fueron los mejores tratamientos al obtenerse el menor porcentaje de caída de naranja con 4.97%, 5.79%, 6.10%, 10.62% y 7.20% respectivamente. Obteniéndose un promedio de 5.62% de caída con respecto a la producción total en los mejores tres tratamientos. Lo anterior coincide con lo reportado por Gómez, *et. al.*, 2020 donde, sin utilizar micorriza los tratamientos con agua de vidrio y microorganismos eficientes (EM) presentaron menor abscisión de naranja. El tratamiento de Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza no tuvo resultados favorables, pues presentó 18.81% de caída de naranja.

El uso del azadón como practica cultural, sin la aplicación de ningún otro insumo detuvo la abscisión de naranja en el 7.2% del total productivo, lo cual genera una alternativa más para el pequeño productor. Esta práctica fue suspendida en la región con la aplicación de los herbicidas, solo

recientemente, con la aparición de la agricultura orgánica se ha vuelto a retomar en el manejo de arvenses (Gómez, 2021).

Cuadro 3. Porcentaje de fruta caída, respecto al total productivo de naranja según insumo orgánico aplicado en una huerta de San Pablo, Papantla, Veracruz, 2020.

Tratamientos		Caída de naranja	
		% de fruta caída	Grupo (P ≤ 0.05)
1	Optifer amino (0.5%) + Micorriza	5.79	B
2	Optifer levadura (0.20%) + Micorriza	12.90	AB
3	Xtralga (0.5%) + Micorriza	12.51	AB
4	Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza	18.81	A
5	Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza	4.97	B
6	Magro (10%) + Micorriza	7.16	AB
7	E.M (5%) + Micorriza	6.10	B
8	Optifer amino (0.5%)	9.36	AB
9	Optifer levadura (0.20%)	7.55	AB
10	Xtralga (0.5%)	9.18	AB
11	Hidrolisis de pescado (1%)	9.15	AB
12	Agua de vidrio (1.25%)	7.81	AB
13	Magro (10%)	11.64	AB
14	E.M (5%)	8.91	AB
15	Micorriza (0,76%)	10.62	AB
16	Limpia del ruedo del árbol con azadón	7.20	AB

Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes con base en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Fuente: Elaboración propia, 2020.

Finalmente, se analizaron los costos que generan el realizar las aplicaciones de los insumos y la práctica cultural. Se observa que la aplicación de micorrizas y su costo es el insumo más económico con \$710 pesos por ha, mientras que el uso del azadón es el de mucho mayor costo (ver cuadro 4, sección B). Los tratamientos que presentaron mejores resultados económicos para evitar la caída de naranja utilizando micorrizas son; Agua de vidrio (1.25%) con un costo de \$ 1,164.00 pesos/ha; Optifer amino (0.5%) con un costo de \$1,535.00; y EM (5%) con un costo de \$1,220.00 pesos/ha. Estos tratamientos utilizando micorrizas, también representan ser los mas eficientes para reducir la caída de la fruta. Los tratamientos sin aplicación de micorrizas al suelo son más económicos pues no incluyen el costo de dicho microorganismo ni la erogación de mano de obra al aplicarlo (ver cuadro 4, sección A), sin embargo, presentan una mayor caída de fruta como se muestra en el cuadro 3, exceptuando al agua de vidrio (7.8%), la limpia al ruedo con azadón (7.2%) y el Optifer levadura (7.5%).

Los productores tienen diversas opciones para reducir la caída de la fruta, una puede ser muy eficiente, pero tiene mayor costo, como es el utilizar el azadón. Otras opciones que pueden ser de menor costo, les ocasionarán más caída de naranja, aunque el uso del agua del vidrio y microorganismos eficientes (EM) representan resultados aceptables como del 7.8% y 8.9% respectivamente. Pero la mejor opción sin duda como lo muestra el experimento realizado en la huerta orgánica en San Pablo, Papantla, Veracruz, es la utilización de las micorrizas al suelo en combinación con el agua de vidrio y EM en aplicación foliar al árbol, pues el costo de su utilización repercute en menor caída de naranja y por tanto mayor producción (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Costos de producción de insumos orgánicos evaluados sin micorrizas por hectárea en San Pablo, Papantla, Veracruz, 2020.

	Tratamientos	Lt ó Kg/ha	Costo de insumo/ha	Costo/ ha
1	Optifer amino (0.5%)	1.5 Lt	\$375.00	\$825.00
2	Optifer levadura (0.20%)	1.5 Lt	\$375.00	\$825.00
3	Xtralga (0.5%)	2 Lt	\$400.00	\$850.00
4	Hidrolisis de pescado (1%)	2 Lt	\$10.00	\$425.00
5	Agua de vidrio (1.25%)	2 Lt	\$4.00	\$454.00
6	Magro (10%)	20 Lt	\$200.00	\$740.00
7	E.M (5%)	20 Lt	\$100.00	\$510.00

Cuadro 5. Costos de producción de insumos orgánicos evaluados con micorrizas por hectárea en San Pablo, Papantla, Veracruz, 2020.

	Tratamientos	Costo/ha
1	Optifer amino (0.5%) + Micorriza	\$1,535.00
2	Optifer levadura (0.20%) + Micorriza	\$1,535.00
3	Xtralga (0.5%) + Micorriza	\$1,560.00
4	Hidrolisis de pescado (1%) + Micorriza	\$1,135.00
5	Agua de vidrio (1.25%) + Micorriza	\$1,164.00
6	Magro (10%) + Micorriza	\$1,450.00
7	E.M (5%) + Micorriza	\$1,220.00
8	Micorriza (0,76%)	\$ 710.00
9	Limpia del ruedo del árbol con azadón	\$4,730.00

CONCLUSIONES

La aplicación de micorrizas influyó significativamente en la reducción de la caída de naranja al aplicarlas combinadas con Agua de vidrio, EM y Optifer amino (insumo comercial), con 4.97%, 6.10% y 5.79% respectivamente. Si el productor no puede comprar micorrizas o no está de acuerdo en su utilización, debe utilizar azadón (de mayor costo), agua de vidrio o EM (de menor costo), que son la práctica y los insumos que reducen significativamente la caída de naranja. El manejo en el cultivo de naranja con tratamientos de insumos agroecológicos, en combinación particular con las micorrizas, pueden reducir significativamente la caída de naranja, menor al 6%, pues en los últimos años en la región se llega a afectar hasta el 20% de la producción por la abscisión de la fruta.

LITERATURA CITADA

- Andrade, T. A. 2010. Micorrizas: Antigua interacción entre plantas y hongos. INBIOTECA, Universidad Veracruzana, México. 2020.
- Ferrera C. R., y Pérez M. J. 1995. Agromicrobiología. Elemento útil en la Agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.

- Gómez M. A., Gómez T. L., Schwentesius R. R., Rodríguez N. O., Reyes R. R., Villatoro L. M. O. 2017. Guía agroecológica para la producción de Naranja Orgánica. CIIDRI-PEEVU, Chapingo, Estado de México.
- Gómez C, M. A.; Gómez T. L., Ramírez C. Y., Rodríguez N. O. 2020. Insumos Agroecológicos para Disminuir la Caída/Abscisión de Naranja en Papantla, Veracruz. En: Memoria del VIII Congreso Internacional y XXII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Chapingo, Estado de México, pp. 111-112.
- Gómez C. M. A. 2021. Sistematización de las experiencias de la sustitución de glifosato en la producción de naranja orgánica en el Norte de Veracruz. Proyecto de investigación UACH, 21335-C-64. CIIDRI. Chapingo, Estado de México.
- Ovando, B. E. 2018. Huanglongbing, Xiloporosis y Exocortis en Huertos Citrícolas de la Zona Norte de Veracruz. Montecillo, Edo. de Méx.: Colegio de Posgraduados.
- Ortíz M. 2018. Estudio de caída de frutos prematuros en el cultivo de naranja en San Pablo, Papantla, Veracruz. Chapingo, Estado de México. Reporte de investigación.
- Reyes, O. A. 2017. Producción de Naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Variedad Valencia Tardía en San Pablo, Papantla de Olarte; Veracruz. Chapingo Edo. de Méx. UACH.
- SIAP. 2019. Panorama Agroalimentario 2019. Primera Edición. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura.
- SIAP. 2019. Veracruz: Infografía Agroalimentaria 2019. Primera Edición. Ciudad de México: Secretaría de Agricultura.
- Vicencio, N. M. 2014. Eco-intensificación de la Producción de Naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), Estudio de Caso: en Papantla, Veracruz. Chapingo, Edo. de Méx. UACH.

MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS DE JITOMATE CON ÉNFASIS EN VECTORES DE ENFERMEDADES

Hipólito Cortez-Madrigal

Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR, Unidad Michoacán
hcortezm@ipn.mx

RESUMEN

Para conocer el efecto de fecha de plantación en la incidencia de plagas de jitomate criollo bajo un sistema agroecológico, durante el año 2018 se estableció un estudio en la región Ciénega de Chapala, Michoacán, México., se trasplantó jitomate criollo (R-Ch) en una parcela de maíz, 60 días después de la siembra del maíz (ddsm), 83 dds y 104 dds. Se incluyó *Asclepias curassavica* y *Tagetes erecta* como plantas “acompañantes”. Muestreos semanales revelaron una baja incidencia de plagas en las tres fechas de plantación, lo que limitó identificar significancia estadística ($p \leq 0.05$). Sin embargo, un análisis temporal mostró más bajos niveles poblacionales del minador *Liriomyza* spp. en la tercera, segunda y primera fecha de plantación, respectivamente; contrariamente, los niveles poblacionales del complejo mosca blanca, *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*, fueron más bajos en la segunda, primera y tercera plantación, respectivamente. No obstante, los niveles poblacionales fueron bajos (< 2.5 individuos/planta), presumiblemente por la interferencia del maíz y la resistencia del jitomate. *B. cockerelli* apareció 90 días después de la primera plantación (9/06), y solo se registró en bajo número en tres fechas de muestreo. Aunque la producción se interrumpió por una epidemia causada por *Phytophthora infestans*, la primera fecha de plantación favoreció un mayor escape a plagas y enfermedades asociadas; y, en consecuencia, un mayor desarrollo y producción del cultivo. Se concluye que plantaciones de jitomate criollo asociado con maíz (60 dds) redujeron la incidencia de plagas hasta la etapa de fructificación del cultivo. Los resultados aportan importantes elementos para el manejo agroecológico de vectores de enfermedades.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, variedades nativas, paratíoxa

INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas son ecosistemas modificados por el hombre que, mediante perturbaciones permanentes (e.g. barbechos) los mantienen en estado juvenil para lograr su máxima productividad (Sarandón y Flores, 2014). El paradigma agrícola moderno, con grandes extensiones de monocultivos y variedades altamente productivas susceptibles a plagas y enfermedades, ha simplificado los agroecosistemas; particularmente, mediante el uso preventivo de agrotóxicos (Altieri y Toledo, 2011; Sarandón y Flores, 2014). Ignorar las causas que originan las plagas tiene consecuencias ecológicas graves; los agroecosistemas así tratados, entran en un círculo vicioso difícil de escapar: mayor problema de plagas, mayor uso de plaguicidas (Altieri y Toledo, 2011). Bajo ese paradigma, ocurre un fuerte desequilibrio ecológico, con abundantes poblaciones de pocas especies (e.g. plagas), y bajas poblaciones de numerosas especies (e.g. enemigos naturales; Letourneau, 1988).

Mediante el incremento de la diversidad vegetal se puede llevar a los agroecosistemas a estados maduros; y después, mediante perturbaciones controladas, lograr un mayor equilibrio de sus componentes (Gliessman, 2007). La multiplicidad de nichos ecológicos promovidos por la diversidad, favorece la presencia de insectos y la autorregulación de poblaciones (Cortez-Madrigal, 20021). Parte de esa biodiversidad deberían ser los genotipos nativos de cultivo, presumiblemente resistentes a

plagas y enfermedades (Pico *et al.*, 2017). El control biológico y la resistencia vegetal son dos importantes herramientas del manejo integrado de plagas (Kogan, 1990; Altieri y Toledo, 2011), y la principal fuente de resistencia se encuentra en los genotipos criollos y silvestres (Pico *et al.*, 2017).

El jitomate *Solanum lycopersicum* L. es uno de los cultivos con mayor problemática fitosanitaria (King y Saunders, 1984), por lo que es un excelente modelo para comprobar lo anterior. Pero, además, México es Centro de domesticación del jitomate (Hoyt, 1992), por lo que en el país existe una amplia diversidad de genotipos criollos (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012) que deberían conservarse y aprovecharse.

Dentro del complejo de plagas del jitomate, dos vectores de enfermedades son de los principales pendientes a resolver; el psido de las solanáceas *Bactericera cockerelli*, y el complejo mosca blanca constituido por *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Munyanza, 2013; UCA, 1993). Para vectores de enfermedades lo recomendable; más que controlar, es retrasar el progreso de la enfermedad, lo que se puede lograr mediante la diversificación vegetal; e.g. barreras vegetales (Landro-Valenzuela *et al.*, 2007).

Bajo la hipótesis de que la fecha de plantación del jitomate intercalado con maíz influye en la incidencia de plagas, se planteó el objetivo de evaluar el efecto de tres fechas de plantación de jitomate intercalado con maíz, en la incidencia de plagas bajo las condiciones de campo de la Ciénega de Chapala, Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo de maíz

Se estableció en un terreno de 26 x 11 m del campo experimental del CIIDIR-IPN, unidad Michoacán, Jiquilpan, Michoacán, México. Se seleccionó la variedad criolla del grupo ocho hileras, raza “Elote occidental” (negro). La siembra se estableció el 10 de mayo del 2018, a una distancia de 75 cm entre surcos, y 30 cm entre mata, con 2-3 granos/mata. Se aportaron riegos de auxilio mediante un sistema de goteo. No se utilizaron productos para el control de plagas y malezas. Se usó la fórmula triple 16 (N-P-K) a dosis de 5g/mata, colocado bajo suelo.

Cultivo de jitomate

Se usó la variedad criolla “Riñón chico” (R-Ch) originaria del estado de Veracruz. Se establecieron en charolas de unicel de 250 cavidades, bajo invernadero y protegidas con una jaula con malla anti-áfidos durante un periodo de 1.5 meses. Se utilizó tierra de monte + peat mos (1:1) como sustrato. Se aplicaron riegos periódicos, y se hicieron aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan Forte® Bayer México). Se aplicó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* sp. (SUBTITRICO®, bt agroindustrial, Morelia, Mich., México) para la prevención y control de enfermedades. Se establecieron tres fechas de siembra: 12 de junio, 27 de junio; y 12 de julio. Las plantas se trasplantaron al área central del terreno aun con maíz, de manera que, al cosechar el elote, se dejaran los bordos (tres surcos) como barrera. Se evaluaron tres fechas de trasplante: nueve de julio (60 días después de la siembra de maíz (ddsm)), 1° de agosto (83 dds) y, 21 de agosto (104 dds). Plantas de jitomate como testigo expuesto fueron establecidas en el exterior del cultivo del maíz. El rastrojo del maíz cosechado fue triturado y aplicado sobre la superficie del terreno para evitar brote de malezas.

Dos plagas clave del cultivo requirieron de control químico: el ácaro *Aculops lycopersici* (Eriophyidae) y la cochinilla (Crustacea). Para el primero, utilizó azufre coloidal (2 ml/L); y cypermctrina (2.5 ml/L) para el control de la cochinilla, aplicada una sola vez en la base de las plantas, inmediatamente después de plantar. Se empleó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* (10 ml/L) para la prevención y control de enfermedades. Se aplicó fertilización química a base del producto triple 16 (NPK), 5 g/planta, enterrado

al pie de la planta. Cuando hubo necesidad, se aplicó riego de auxilio mediante un sistema de goteo. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con tres tratamientos (fechas de siembra) y tres repeticiones (bloques; Figura 1), con 30 plantas por repetición, a 60 cm entre planta y 75 cm entre surco.

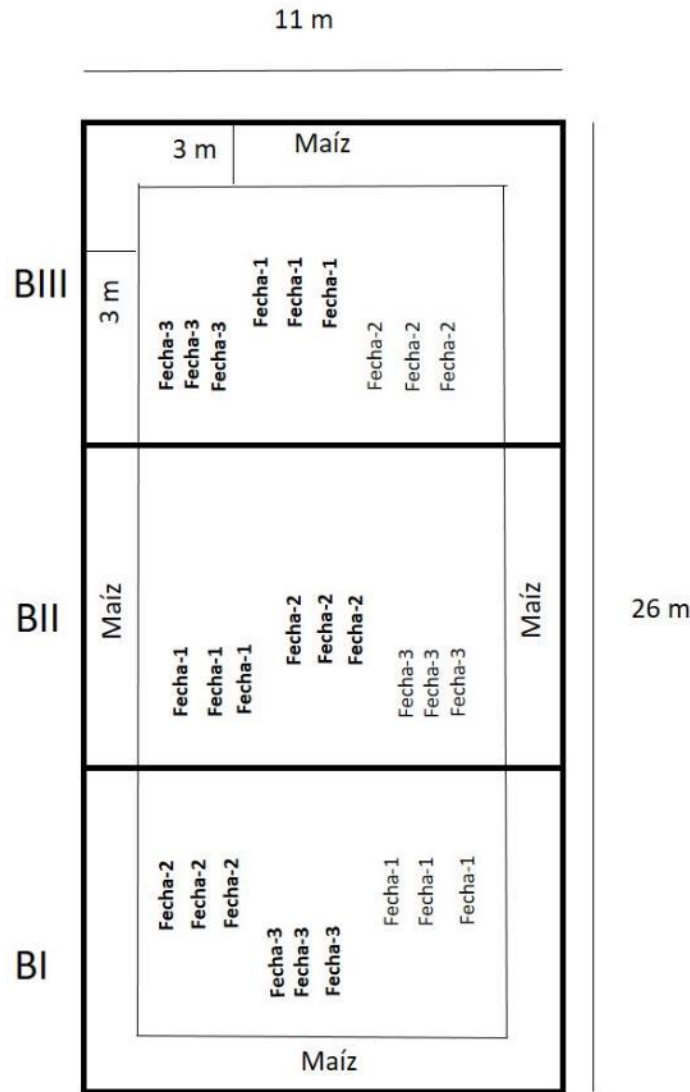


Figura 1. Diseño experimental de la evaluación de tres fechas de siembra de jitomate criollo asociado con maíz, cempasúchil y *Asclepias curassavica*.

Plantas acompañantes

El 6 de julio se estableció una charola con cempasúchil *Tagetes erecta*, variedad enana. Posteriormente (24/08) se trasplantaron en el terreno, intercaladas con el jitomate (una cada dos plantas), bajo el supuesto de protección contra plagas (Castro y Zavaleta, 1990). También, plantas de *Asclepias curassavica* L. (28) mantenidas en macetas fueron posteriormente (5/09) incorporadas a la plantación de jitomate en campo. Estudios previos registraron más de 20 especies de enemigos naturales asociados a fitófagos especializados de *Asclepias* (Cortez-Madriral *et al.*, 2021).

Muestreos fitosanitarios

Semanalmente se practicaron muestreos dirigidos a la entomofauna del jitomate. En etapa de plántula se revisó toda la planta (30); cuando hubo ramas laterales, se consideraron tres hojas/rama, de tres ramas/planta (5/surco), mediante elección aleatoria. Cuando se detectaron brotes de *A. lycopersici*, se aplicó azufre coloidal. La misma consideración se tuvo para las enfermedades fungosas diagnosticadas, y para ello se aplicó *B. subtilis* + *Trichoderma*. Paralelamente y con base en experiencias previas de diagnósticos de campo y molecular (Cortez-Madrigal, 2021), se registraron plantas con presencia de enfermedades de origen fitoplásmico, como el “permanente” del tomate. Al final del cultivo, se practicaron muestreos en cempaxúchitl para determinar los grupos de insectos asociados a la planta.

Análisis de resultados. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el conocimiento biológico de las especies, y los datos se procesaron mediante estadísticas descriptivas y análisis de varianza (ANVA). Para insectos, mediante bloques repetidos en el tiempo (fechas de muestreo como repetición), y para la producción mediante bloques completamente al azar. Una separación de medias mediante Tukey (0.05) fue practicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de plagas

Se registró la paratrioza *B. cockerelli*, mosca blanca *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, minadores *Liriomyza* spp., Chinche larga *Tupiocoris* (= *Cyrtopeltis*) *notatus* y Chinche negra *Alticus* sp., pulga saltona *Epitrix* sp. gusano alfilerillo *Keyferia lycopersicella*, y diversas especies de áfidos, todos reconocidos como plagas del cultivo (King y Saunders, 1984). Un insecto no registrado previamente en jitomate fue *Loxa* sp. (Pentatomidae). Sus daños fueron en frutos y aparentemente no hubo una regulación biológica satisfactoria del insecto. La especie es reportada como plaga esporádica del jitomate en otros países (Panizzi *et al.*, 2000), y tal vez las condiciones climáticas del periodo fueron causa de su desequilibrio.

Efecto de fechas de trasplante de jitomate en la incidencia de plagas

Una de las plagas que proponemos como mayormente afectada por la diversificación vegetal, fue *B. cockerelli*. Se registró tardíamente (4/10), en bajo número y solo en tres fechas de muestreo. Cortez-Madrigal (2021) registró la plaga a finales de octubre, en cultivos establecidos el 14 de septiembre. Aunque su registro fue en fechas similares a las del presente estudio, la diferencia es que en este caso su presencia inició tres meses después de la plantación (9 de julio); es decir, en etapas fenológicas avanzadas (fructificación) del jitomate. Con esa fecha de plantación se pudiera garantizar el retraso de la aparición del insecto y la enfermedad que transmite, el “permanente” del tomate, considerada una de las principales enfermedades del jitomate en el mundo (Munyaneza, 2013).

Las bajas poblaciones de plagas limitaron la inducción estadística; e.g., el ANVA de la incidencia de mosca blanca y minador, no registró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre fechas (Figura 2). Contrariamente, una exploración gráfica del progreso temporal de las poblaciones, sugiere que las fechas de plantación de jitomate tuvieron un efecto diferenciado en los niveles poblacionales de plagas como el minador y la mosca blanca. El primero apareció 1.5 meses después de la primera plantación; sus más bajos niveles ocurrieron en la tercera, segunda y primera fechas de plantación, respectivamente; contrariamente, el complejo mosca blanca mostró sus más bajos niveles poblacionales en la segunda, primera y tercera fechas, en ese orden (Figura 3). La disminución de minadores en la tercera fecha pudiera explicarse probablemente por el control biológico ejercido sobre la plaga. El minador *Liriomyza* spp. ha sido catalogado como una plaga secundaria de cultivos, regulado

eficientemente por sus enemigos naturales en ausencia de plaguicidas químicos (UCA, 1990). El reducido uso de químicos en el presente estudio pudiera garantizar la presencia de poblaciones de enemigos naturales del minador, como ha sido identificado en estudios previos (Cortez-Madrigal, 2021).

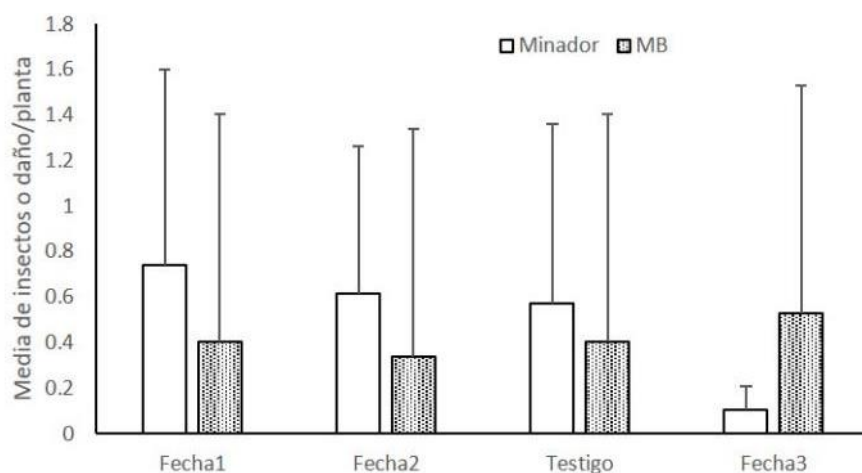


Figura 2. Medias de la incidencia de mosca blanca (MB) y minadores en plantas de jitomate criollo (R-Ch) en tres fechas de plantación. Jiquilpan, Mich. 2018.

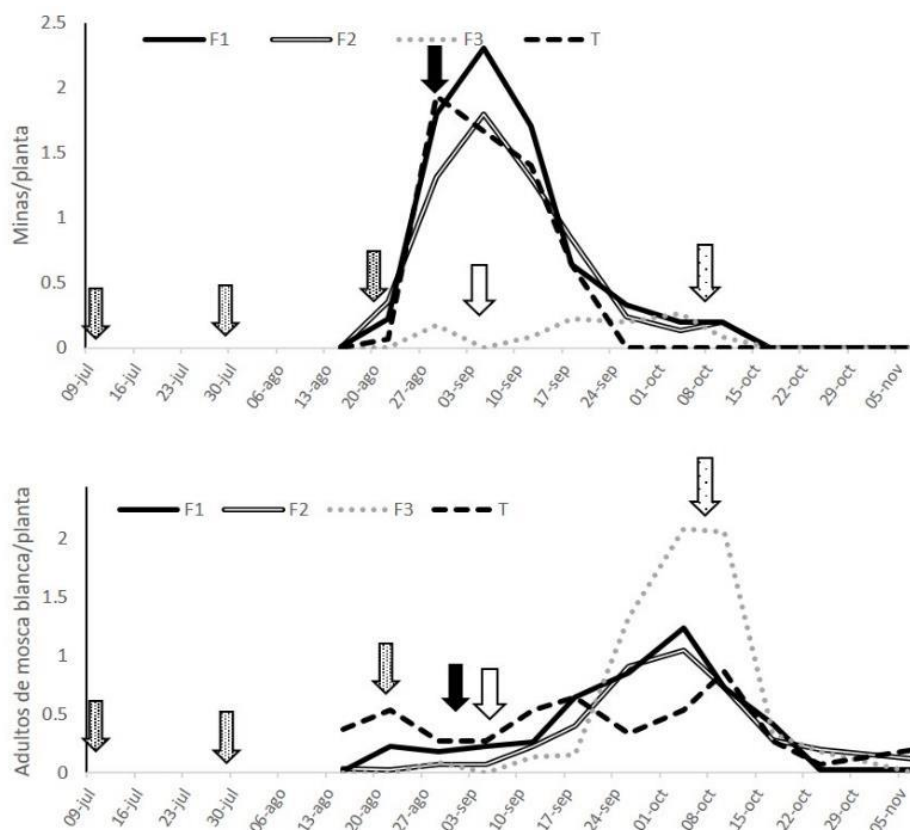


Figura 3. Distribución temporal de minadores y mosca blanca registrados en jitomate criollo establecido bajo tres fechas de plantación (↓) asociado con maíz, y un testigo exterior. Jiquilpan, Mich. 2018. ↓ Roza de maíz; ↓ Incorporación de *Asclepias*; ↓ Presencia de *Phytophthora*.

De igual modo, estudios previos identificaron a la mosca blanca capaz de detectar e incrementar sus poblaciones en jitomate, aun con presencia de maíz como barrera (Cortez-Madrigal, 2021). Es probable que el maíz retrase también la presencia y actividad de sus enemigos naturales, como ha sido sugerido para otros fitófagos (Price *et al.*, 1980), pues las tendencias gráficas mostraron más bajos niveles poblacionales de la plaga en las plantas testigo (Figura 3). De cualquier modo, las poblaciones de la plaga fueron bajas (<2.5 individuos/planta), lo que se puede explicar por la interferencia del maíz y la resistencia del jitomate criollo. La variedad criolla R-Ch presenta una alta densidad de tricomas glandulares y no glandulares, que se sabe limitan la actividad de insectos chupadores, entre ellos la mosca blanca (Nord *et al.*, 2020).

El complejo mosca blanca es considerada una de las principales plagas del jitomate, más por ser importante vector de enfermedades virales (UCA, 1990). Las bajas poblaciones registradas en el presente estudio confirman reportes previos en cuanto a la tolerancia de las variedades criollas y silvestres de jitomate al ataque de mosca blanca y enfermedades virales transmitidas (Nord *et al.*, 2020), de modo que las bajas poblaciones registradas en el estudio no constituyeron problema para el cultivo.

Durante el estudio se presentó un fuerte ataque del hongo *Phytophthora infestans*, enfermedad de gran importancia en cultivos de solanáceas. Las plantas de la tercera fecha fueron más afectadas por estar en etapas iniciales de floración-fructificación. Lo anterior limitó la completa evaluación del experimento (*i.e.* producción). Un análisis parcial mostró una producción de 3 267.3 g, 879.8 g y 0 g para la primera, segunda y tercera fecha de plantación, respectivamente. El tipo de desarrollo indeterminado de la variedad utilizada, y la barrera de maíz probablemente potenció el daño de la enfermedad. Mediante perturbaciones planeadas (Sarandón y Flores, 2014) como podas del jitomate y eliminación de la barrera de maíz en momentos apropiados, pudiera reducirse el riesgo de epidemias por hongos.

Efecto de *Asclepias curassavica* y *Tagetes erecta*

La diversificación vegetal, incluida la genética (variedades resistentes) mostraron favorecer la regulación de plagas del jitomate. En un manejo integrado de plagas no solo interesa la regulación de plagas clave, sino también la de insectos fitófagos en general; para ello, se sugiere incrementar la diversidad dentro del cultivo (Altieri y Toledo, 2011); en este caso, la presencia de *A. curassavica* desfavoreció la incidencia de algunas plagas. Se sabe que ésta planta es reservorio de importantes enemigos naturales (Cortez-Madrigal, 2021). Un ejemplo fue el constante parasitismo (62.5-100%) registrado en huevos de la mariposa monarca *Danus plexippus* por la especie *Trichogramma pretiosum*, importante parasitoide de huevos de lepidópteros plaga.

Por el contrario, el cempasúchil parece haber favorecido la presencia de plagas y enfermedades del jitomate. *E.g.*, se registraron daños por insectos chupadores pertenecientes a la familia Cicadellidae; entre ellas, el género *Empoasca*. Estos insectos han sido identificados previamente como vectores de fitoplasmas, entre ellos *Candidatus liberibacter* causante de la enfermedad conocida como permanente del tomate (Mercado-Arteaga *et al.*, 2013). Sin embargo, ha sido aceptado de manera general que el principal vector de esa enfermedad es el psilido *B. cockerelli* (Muyaneza, 2013). Los resultados del presente estudio registraron alta incidencia del permanente del tomate aun en ausencia de *B. cockerelli*, lo que coincidió con la presencia de las chicharritas en *Tagetes*.

Plantas repelentes como el cempasúchil han sido ampliamente recomendadas para el manejo agroecológico de plagas, sin considerar los insectos fitófagos asociados (Castro y Zavaleta-Mejía, 1990). En el presente estudio todo parece apuntar a que la presencia del Cempasúchil en cultivos de jitomate puede ser contraproducente, toda vez que pudiera favorecer epidemias del permanente del tomate.

CONCLUSIONES

Las bajas poblaciones de insectos limitaron identificar efectos estadísticos de fecha de plantación en la incidencia de plagas del jitomate intercalado con maíz; sin embargo, el retraso de 90 días en la aparición de *B. cockerelli* y la enfermedad que transmite, demostró que la primera fecha tuvo mayores ventajas de escape a plagas, que las plantas establecidas en fechas posteriores. Plantaciones de jitomate 60 días después de la siembra del maíz, las mantuvo libres de plagas el tiempo suficiente para alcanzar la floración-fructificación.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo económico para el desarrollo del proyecto SIP20180908.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M.A. y V.M. Toledo. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38: 587-612.
- Castro A., A.E. y E. Zavaleta-Mejia. 1990. Efecto de la asociación de cempoacochitl (*Tagetes erecta* L.) con tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) o chile (*Capsicum annum* L.) sobre poblaciones de áfidos en Tecamachalco, Pue. *Rev. Mex. De Fit.* 8: 198-200.
- Cortez-Madriral, H. 2021. Más allá del control biológico: la conservación de la entomofauna en los agroecosistemas. Pp: 132-161. *In: Mercado, N. y E. del Val (Eds.). Manejo y Conservación de Fauna en Ambientes Antropizados.* REFAMA/Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Mexico.
- Gliessman, S.R. 2007. *Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems.* Crc Press. Florida, USA., 384 p.
- Hoyt, E. 1992. *Conservando los Parientes Silvestres.* Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. Wilmington, Delaware, U.S.A. 52 p.
- King, A. B. S. y J.L. Saunders. 1984. *Las Plagas Invertebradas de Cultivos Anuales Alimenticios en América Central,* Administración de Desarrollo Extranjero, Londres. 182 p.
- Kogan M. 1990. La resistencia de la planta en el manejo de plagas. Pp:123-172. *In: Metcalf RL y Luckman WH (Eds.). Introducción al Manejo Integrado de Plagas.* Limusa. México, D.F. 710 p.
- Landero-Valenzuela, N, H. Cortez-Madriral, M. Castelán-Estrada, C.F. Ortiz-García, y G. Mora-Aguilera. 2007. Incidencia del virus mancha anular del papayo en cultivos diversificados de papaya en Tabasco, México. *Fitopatología Colombiana* 31: 57-60.
- Letourneau, D.K. 1998. Conservation biology: Lessons for conservation natural enemies. Pp. 9-38. *In: Barbosa, P. (Ed.), Conservation Biological Control.* Academic Press. California, USA.

- Lobato-Ortiz R, E. Rodríguez-Guzmán, J.C. Carrillo-Rodríguez, J.L. Chávez-Servia, P. Sánchez-Peña, y A. Aguilar-Meléndez. 2012. Exploración, Colecta y Conservación de Recursos Genéticos de Jitomate: Avances en la Red de Jitomate. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 54 pp. Disponible en línea: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Chavez-Servia/publication/260592634_Exploracion_colecta_y_conservacion_de_recursos_geneticos_de_jitomate_avances_en_la_Red_de_Jitomate/links/00b49531a5508c5da1000000/Exploracion-colecta-y-conservacion-de-recursos-geneticos-de-jitomate-avances-en-la-Red-de-Jitomate.pdf
- Mercado-Arteaga, N. V., R. Velásquez-Valle, y L.R. Reveles-Torres. 2013. Presencia de fitoplasmas en adultos de *Aceratagallia* spp. y plantas de *Chenopodium* spp. en Zacatecas y Chihuahua, México. AGROFAZ 13: 125-128.
- Muyaneza, J. E. 2013. *Bactericera cockerelli*. EPPO Bull. 43: 202-208.
- Nord, R., H. Cortez-Madriral, E. Rodríguez-Guzmán, E. Villar-Luna, O.G. Gutiérrez-Cárdenas. 2020. Grafting Wild Tomato Genotypes and Mexican Landraces Increases Trichome Density and Resistance Against Pests. *Southwestern Entomologist* 45: 649-662.
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, and R.M. McPherson. 2000. Stink bugs (Pentatomidae). Pp. 421-474. *In*: Schaefer, C.N. y Panizzi, A.R. (Eds.). *Heteroptera of Economic Importance*. CRC. Boca Ratón, Florida.
- Pico, M.B., A.J. Thompson, C. Gisbert, H. Yetisir, and P.J. Bebeli. 2017. Genetic Resources for Rootstock Breeding. Pp:22-69. *In*: Colla G, Perez-Alfocea F, Schwarz D (Eds.). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*. CABI Publishing. UK.
- Price, P. W., C.E. Bouton, P. Gross, B.A. McPherson, J.N. Thompson, and A.E. Weis. 1980. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual review of Ecology and Systematics* 11: 41-65.
- Sarandón, S.J, y C.C. Flores. 2014. Agroecología: Bases Teóricas para el Diseño y Manejo de Agroecosistemas Sustentables. Primera Edición. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 466 p.
- UCA (Universidad de California). 1990. Integrated Pest Management for Tomatoes. Thrid Edition. Universidad de California. Publication 3274. Oakland, CA. 104 p.

RESPUESTA DE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE SALADETTE A LA ASOCIACIÓN DE ESPECIES AROMÁTICAS

Francisco Javier Marroquín-Agreda¹
 Juan Manuel Villareal-Fuentes¹
 José Noé Lerma-Molina¹
 Mario Eliseo Gallegos-Castro²
 Juan Manuel Garza-Hernández¹
 Humberto Osorio-Espinoza¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. Entronque Carretera Costera - Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. CP. 30660

²Grupo Agroindustrial Chiapaneco S.A. de C.V. Carretera La Trinitaria-Lagos de Montebello, entronque Colonia Emiliano Zapata Municipio de la Trinitaria, Chiapas. CP. 30160
 francisco.marroquin@unach.mx

RESUMEN

El tomate es el fruto hortícola de mayor demanda mundial, exhibiendo en el año 2018 un alza en el consumo per cápita de 20.6 kg por persona año; posesionando a México como uno de los principales países exportadores. Sin embargo, aun con la innovación tecnológica de esta y muchas otras especies hortícolas, bajo condiciones de invernadero, los rendimientos no superan el 34% del potencial del material genético. Ante la necesidad de producir alimentos inocuos y mitigación al cambio climático; las especies aromáticas ofrecen alternativas sumamente interesantes ante los problemas fitosanitarios y productividad de las especies explotadas. En este trabajo se analizó la producción y calidad del tomate, como respuesta a los Compuesto Orgánicos Volátiles (COVs) del follaje y flores de especies aromáticas *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, intercaladas con plantas de tomate bajo condiciones semi controladas. Las aromáticas en su fase de desarrollo y floración se trasplantaron entre los surcos de las plantas de tomate, bajo condiciones de Invernaderos; bajo un diseño experimental completamente al azar, con arreglos en bloques. Los Indicadores de producción como numero de racimos, frutos por racimos y peso de los frutos e indicadores de calidad fueron medidos y analizados durante la fase productiva de las plantas de tomate. Los resultados demuestran, que la asociación de aromáticas provoca un efecto positivo en la producción y calidad del fruto de tomate; demostrando contundentemente que el Cempasúchil mejora el número de racimos, frutos por racimos y el peso de los frutos del tomate; asimismo como la calidad del fruto.

Palabras Clave: Volátiles, Hortícola, Productividad

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción hortícola, bajo un modelo de explotación semi controlada como lo son los invernaderos, cada día son más extensos y exigentes en el uso de Agroquímicos. El tomate es el fruto hortícola de mayor demanda mundial, exhibiendo en el año 2018 un alza en el consumo per cápita de 20.6 kg por persona año; posesionando a México como uno de los principales países exportador. Sin embargo, aun con la tecnificación del tomate bajo invernadero, los rendimientos apenas alcanzan el 34% del potencial del material genético (Pérez *et al.*, 2008). Ante la necesidad de producción de alimento y la mitigación al cambio climático, los sistemas hortícolas; así como la agricultura en general, cada día se vuelven más dependiente de los insumos agrícolas, específicamente insecticidas, fungicidas y fertilizantes minerales. En la producción de tomate se invierte el 15% de los costos en pesticidas, el 25% en fertilizantes solubles, 10% en productos foliares nutricionales y el 50% en gastos de mano de obra durante los 9 meses del ciclo de producción; donde la inocuidad del producto agrícola

es todavía un desafío cada día más complicado de obtener. Ante el reto de ofrecer productos sanos e inocuos; la diversidad biológica, específicamente las especies aromáticas ofrecen alternativas ante los problemas fitosanitarios y productividad de las especies explotadas para fines comerciales (Gallegos, 2017). Por lo antes descrito, el presente trabajo analiza la producción y calidad del tomate, como respuesta a los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) del follaje y flores de especies aromáticas *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, intercaladas con plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en los Invernaderos del Grupo Agroindustrial Chiapaneco S.C. de R. L. de C.V.” (GRACHI); ubicado en el tramo Carretera La Trinitaria-Lagos de Montebello, km 10, entronque Colonia Emiliano Zapata km 3. Área localizada en las coordenadas geográficas latitud N 16.16343 y longitud O 91.97594, con una altitud de 1,525 msnm.

Durante el desarrollo del trabajo de especies aromáticas intercaladas con las plantas de tomate; los arreglos topológicos del material vegetal fue la siembra y asociación de las aromáticas en su fase de desarrollo y floración entre los surcos de las plantas de tomate, con una distancia de 20 cm entre plantas y 110 cm entre surcos. Cada 15 días se hicieron podas del área foliar para promover la liberación de los COVs. Las distribuciones de los tratamientos fueron bajo los principios de un diseño experimental completamente al azar, con arreglo en bloques; en un área de 800 m² (20 metros de ancho por 40 metros de largo), obteniendo un total de 70 unidades experimentales, evaluando 7 tratamientos (Asociación de aromáticas 1, 2 y 3 en desarrollo + Tomate; asociación de aromáticas 1,2 y 3 en floración + Tomate y Tomate sin asociación) con 10 repeticiones cada una.

La siembra de semillas de las aromáticas fue en charolas de 200 cavidades utilizando peat moss como sustrato, bajo malla sombra al 70%, de igual manera se obtuvieron las plántulas de tomate. Para la fase de campo se delimitaron dos áreas, cada área de 20 metros de ancho por 20 de largo, obteniendo ocho bloques (camas de siembra de 4 surcos con 20 plantas), entre los surcos de siembra de cada bloque se trasplantaron 80 plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*) en desarrollo (follaje) y 100 de albahaca en floración para el segundo bloque; asimismo para los tratamientos del Cempasúchil (*Tagetes erecta*), orégano orejón (*Origanum majorana*) y el testigo (sin asociación). Cada bloque o área con la aromática fueron cercadas con Nylon poliéster de 2 m de altura, para evitar el intercambio de Compuestos Orgánicos Volátiles. Indicadores de producción y calidad del fruto de las plantas de tomate se midieron y analizaron; como el número de racimos, frutos por racimo, peso del fruto la altura, producción y calidad del fruto. Las mediciones realizadas se iniciaron a los 8 días después del trasplante del tomate y hasta la madurez fisiológica del fruto; para ello se utilizó flexómetros, vernier (mm) y balanza granaria (gr); el conteo detallado para el número de flores y días a floración. La información obtenida del trabajo se analizó de acuerdo al ANOVA (0.05) y con base a la F calculada se procedió con la prueba posteriori por el método de Tukey (0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lo resultados demuestran que las asociaciones de plantas aromáticas producen un efecto positivo en el número de racimos florales en el tomate. Los efectos en cada fase de desarrollo de las aromáticas (crecimiento vegetativo y floración) son muy similar; pudiéndose observar la dominancia en ambas fases de *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*. Incrementándose hasta 2 racimos por planta de tomate con la asociación de *Tagetes erecta* y *Origanum majorana*, mientras que para *Ocimum basilicum* fue

similar a la del testigo (19 y 18 respectivamente). El número de racimos de tomate con asociaciones fluctuó de 19 a 21, mientras que en testigo fue de 18 racimos por planta (Figura 1).

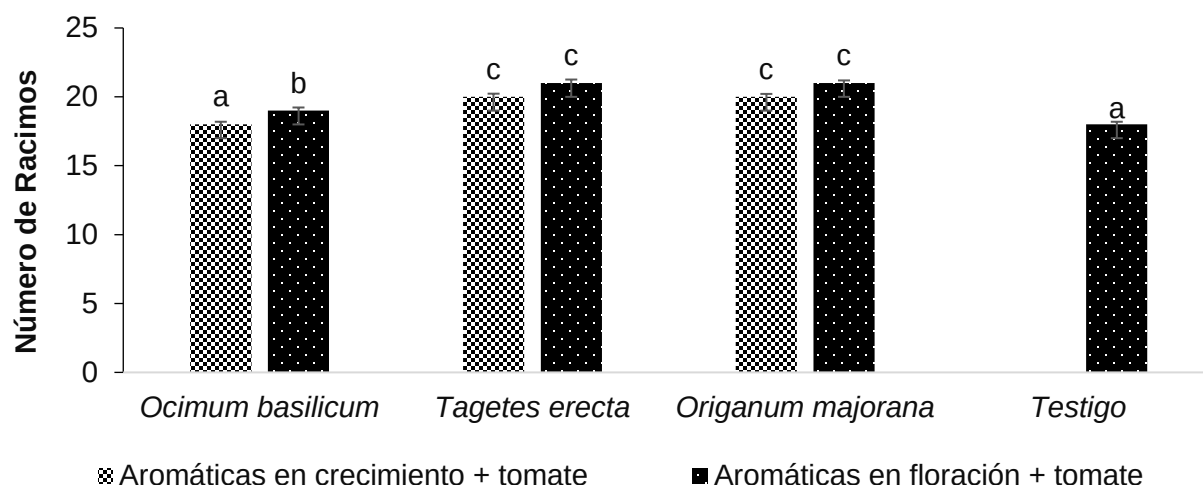


Figura 1. Racimos florales por planta de tomate saladette asociado con aromáticas.

Las plantas de tomate asociado con *Ocimum basilicum*, *Tagetes erecta* y *Origanum majorana* en crecimiento produjeron 6 frutos por racimo floral, mientras el testigo fue de 5 frutos (Figura 2). Muy diferente los cuajados de los frutos del tomate que se obtuvieron en la asociación con aromáticas en floración, donde *Tagetes erecta* y *Origanum majorana* con 8 frutos cuajados, seguido de *Ocimum basilicum* con 6 frutos y con 5 frutos se encontró al Testigo (Figura 2).

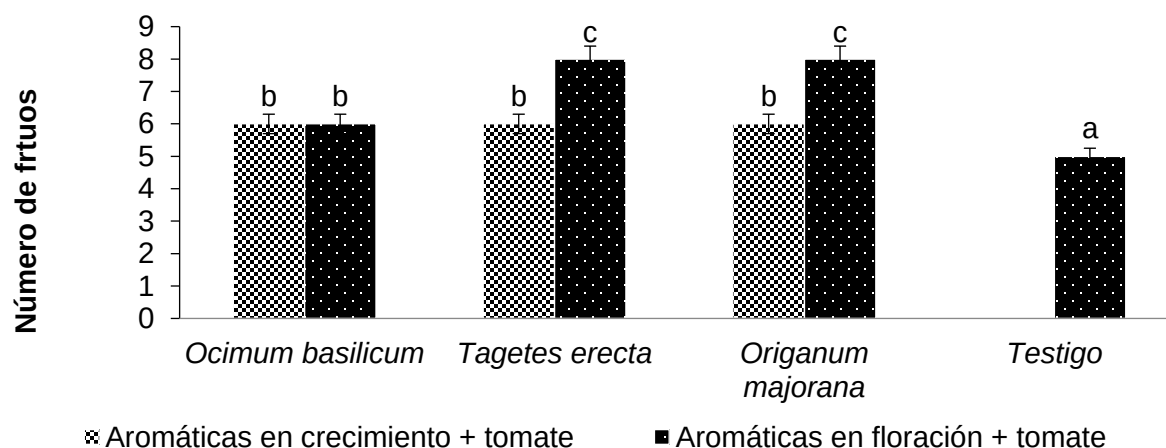


Figura 2. Frutos por racimo floral del tomate saladette asociado con aromáticas.

El tomate asociado con *Tagetes erecta* en crecimiento presento una ganancia de peso de 109 gramos por fruto, seguido de *Origanum majorana* con 108 gramos, *Ocimum basilicum* con 107 gramos y en último al Testigo con 97 gramos del peso por fruto (Figura 3).

Los pesos de los frutos del tomate con aromáticas en floración son mayores que en crecimiento (follaje), donde *Origanum majorana* presento un peso de 112 gramos, seguido de *Tagetes erecta* con 110 gramos, *Ocimum basilicum* con 108 gramos y con 95 gramos de peso por fruto el Testigo.

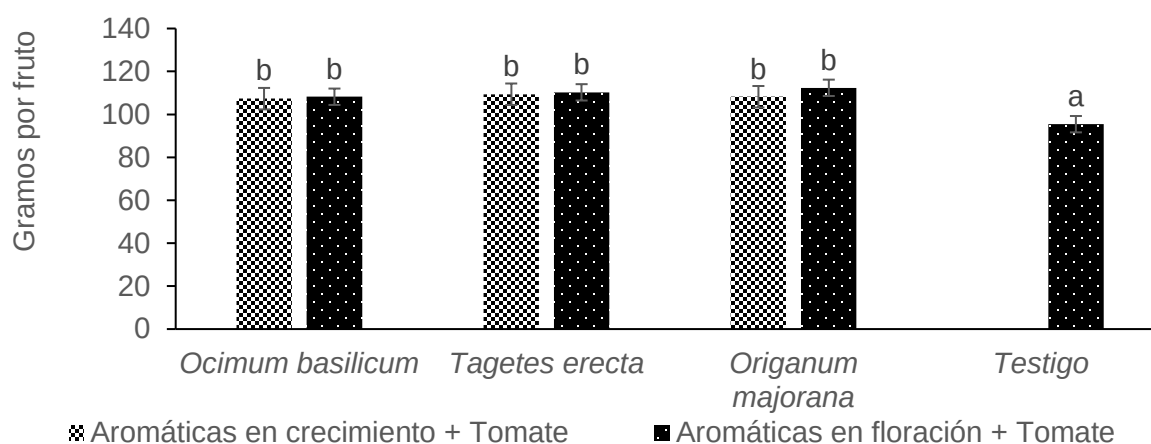


Figura 3. Peso del fruto de tomate saladette asociado con plantas aromáticas.

La producción de fruta por planta en etapa de floración de *Origanum majorana* fue de 14.112 kg planta⁻¹, seguido de *Tagetes erecta* con 13.860 kg planta⁻¹, en tercer lugar, *Ocimum basilicum* con 13.680 kg planta⁻¹ y en último al Testigo con 11.970 kg planta⁻¹. Muy diferentes los rendimientos de fruta producida en la asociación con aromáticas en crecimiento (follaje), donde *Tagetes erecta* obtuvo la mayor producción con 11.772 kg planta⁻¹, seguido de *Origanum majorana* con 11.664 kg planta⁻¹, como tercero fue *Ocimum basilicum* con 11.556 kg planta⁻¹ y con solo 10.476 kg planta⁻¹ se encontró al Testigo (Figura 4).

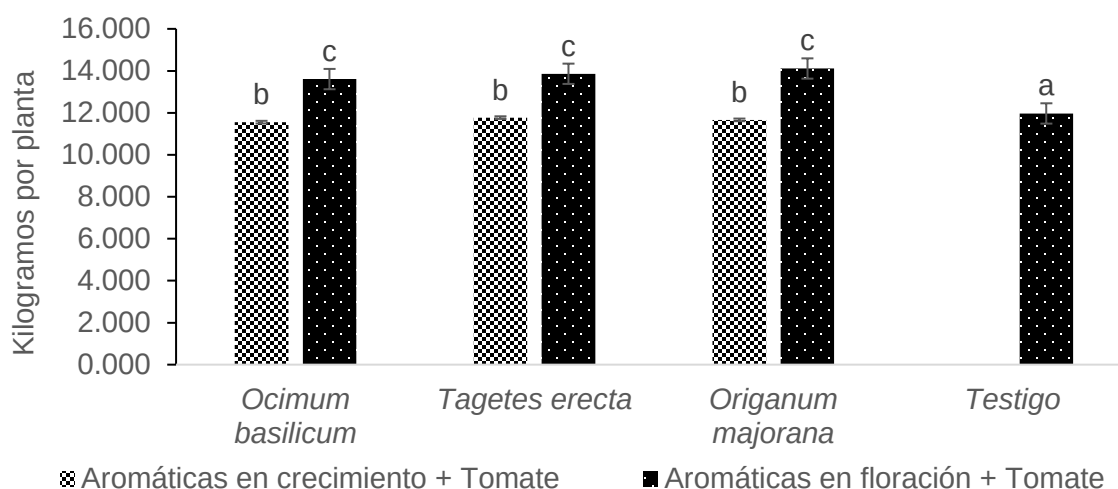


Figura 4. Producción de tomate saladette por planta asociado con especies aromáticas.

Los resultados bajo las condiciones agroecológicas reportados en este trabajo de investigación son similares y en algunos más altos a los reportados por Villegas *et al.* (2004), donde mencionan que en condiciones de invernadero y sin despunte, las densidades comerciales fluctúan de 2 a 2.5 plantas m²; con 2.27 plantas m² como promedio, el tomate obtiene un rendimiento total de fruta de 20.6 kg planta que equivale a 46.8 kg m².

CONCLUSIONES

La asociación del tomate con especies aromáticas obtuvo un efecto positivo en los indicadores de rendimiento por planta; esto reflejó una mayor producción por hectárea con respecto al testigo, que tiene una producción por debajo de las 150 t ha⁻¹. *Tagetes erecta* es la planta aromática con mayor influencia en los cambios provocados en la planta de tomate, su floración libera alcaloides con doble anillo aromático que la planta lo sintetiza, teniendo así la planta de tomate una liberación de estrés y por ende un mejor aprovechamiento de los insumos; ofreciendo así una mayor producción y calidad del fruto.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa, Grupo Agroindustrial Chiapaneco S.C. de R.L. de C.V., por haber permitido realizar este trabajo de investigación dentro de sus Invernaderos y facilitar la infraestructura y equipo para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Gallegos, C. M. E. 2017. Crecimiento y Desarrollo del Tomate Saladette (*Solanum lycopersicum* Mill) Como Respuesta a la Asociación de Especies Aromáticas. Tesis Profesional de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. México. Pp 125.
- Pérez, R. M. B. Albarracín, M. Moratinos, H. Zapata, N. F. (2008). Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Agronomía LUZ. 29 (1): 395-412.
- Villegas, C. J. R. González, H. V. A. Carrillo, S. J. A. Livera, M. M. Sánchez, C. F. Osuna, E. T. (2004). Crecimiento y Rendimiento de Tomate en Respuesta a Densidades de Población en Dos Sistemas de Producción. Revista Fitotecnia Mexicana. 27 (4): 333 – 338.

COMPOSICIÓN DE HUERTOS FAMILIARES EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA DE CHICONTEPEC, VERACRUZ

Efraín Morales-Arenas¹
Silvia López-Ortiz²
Lorena Casanova-Pérez¹

¹Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

²Colegio de Postgraduados Campus Veracruz

lorena.casanova@uthh.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar la composición de especies vegetales y animales que conforman los huertos familiares de Chamola, Chicontepec, Veracruz. El trabajo de campo se desarrolló de enero a abril de 2021. Se realizaron 20 entrevistas usando un cuestionario semiestructurado. En cada huerto familiar se obtuvo información de cada una de las especies que conformaban el huerto familiar diferenciando su forma de vida, sus usos, parte de la planta usada; así mismo, se agregó los nombres en idioma náhuatl y se realizaron croquis de los huertos familiares para identificar su arreglo espacial. La superficie de cada huerto fue de 450 m² a 10,400 m², se identificaron 95 especies en total, en promedio 29 plantas por huerto, de los cuales, 44% son árboles, 18% arbustos, y 36% herbáceas. El principal uso de las especies de plantas fue alimenticio (36%), se registraron 5 especies de animales entre ellos se encuentran; 82% pollos y gallinas, 4% cerdos, 9% borregos, 4% guajolotes y (1%) patos. La estructura vegetal más usada en las plantas medicinales fue la hoja (50%), siendo la planta medicinal más abundante la *Mentha picata* (Hierbabuena) (26%). Los huertos familiares cumplen funciones importantes a nivel familiar y comunitario ya que incluye la participación de toda la familia en su cuidado, al abastecimiento de alimentos frescos y plantas medicinales como parte del cuidado tradicional de la salud.

PALABRAS CLAVE: alimentos, conocimiento tradicional, uso

INTRODUCCIÓN

El huerto familiar un reservorio regional de agrobiodiversidad que sustentan la nutrición de las familias (Panyadee *et al.*, 2017) pero también satisfacen otras necesidades como la de protección (sombra), esparcimiento e interacción social entre los miembros de la familia (Herrera, 1994). Este también ha sido definido como un sistema de producción en donde la familia puede generar ahorros, o acrecentar sus recursos económicos por la inversión en productos de valor de uso, transformados a bienes con valor de cambio (Mariaca, 2012). Los productos generados en el huerto familiar se destinan a cubrir las necesidades familiares y posteriormente sus excedentes son para comercio en el mercado (Gliessman, 2013).

Si se toma en cuenta las características sociales, culturales, tecnológicas y de producción del huerto familiar, puede afirmarse que debido a su gran diversidad de especies vegetales y animales satisface gran parte de los requerimientos calórico nutricionales de la dieta familiar y en menor escala, permite a la familia la comercialización de excedentes. Es decir, una de sus principales funciones es la producción de alimentos para el autoconsumo, lo cual contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional de la población, además de coadyuvar a su economía, no solo en las zonas rurales, sino también en las áreas urbanas y semiurbanas. Según su dimensión y nivel de productividad, pueden llegar a

proporcionar una variedad de alimentos de origen vegetal durante todo el año o gran parte de este (Galhena *et al.*, 2013).

Por ello es importante realizar el estudio de los huertos familiares ya que estos pueden proveer alimentos en épocas de contingencias ambientales y económicas, en si son un reservorio genético, donde se lleva a cabo el tipo de conservación *in situ* el cual permite que los procesos de domesticación continúen, por otro lado, algunas especies además de ser plantas comestibles tiene otras funciones, como plantas medicinales, de uso religioso, etc.

En la Huasteca Veracruzana, los huertos familiares forman parte del patrimonio biocultural de los pueblos indígenas, siendo así es muy importante su estudio, en particular en comunidades indígenas como Chamola. Esto es porque dichos huertos son una herencia social de un pueblo que exprese lo que sucede en un determinado espacio, preferentemente en el traspatio de la casa habitación y destinado al cultivo de plantas y cría de animales, las plantas que se cuidan y cultivan dentro del huerto tienen diversos usos: medicinales, rituales, alimenticias. En consecuencia, esta investigación tuvo como objetivo identificar la composición de especies vegetales y animales que conforman los huertos familiares en una localidad indígena en el norte de Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó como parte de un proyecto de estadía durante los meses de enero-abril de 2021 en la Huasteca Veracruzana, específicamente en la localidad de origen náhuatl denominada Chamola, perteneciente al municipio de Chicontepec. Esta área de estudio se encuentra ubicada en las coordenadas 20° 97' 05" latitud norte y 98° 20' 58" longitud oeste. La comunidad se encuentra a una altura de 440 msnm. El clima es cálido subhúmedo con temperaturas que oscilan entre 22 – 26°C, con precipitaciones de 1400- 1645 mm. Se estudiaron 15 huertos familiares. Lo anterior requirió la caracterización del área de estudio, se analizaron, los aspectos ambientales, que favorecen la presencia de los agroecosistemas; así como las características de las localidades y de las familias. Se realizaron 20 entrevistas a familias de la comunidad visitando sus huertos familiares con el fin de identificar los diversos componentes de los mismos, para lo cual se utilizó un cuestionario semiestructurado, levantándose además un croquis para identificar el diseño espacial de cada unidad de estudio en cuestión. Las plantas y el ganado identificado y sus diversos usos fue información que fue sistematizada en una base de Excel realizando con ella un análisis estadístico descriptivo y temático. La identificación de dichas especies se realizó información bibliográfica de estudios previos en el estado de Veracruz (Gómez-Pompa *et al.*, 2010)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del área de estudio y entrevistados

Chamola cuenta con 151 habitantes todos indígenas pertenecientes al pueblo originario náhuatl (INEGI, 2012). Esta área de estudio pertenece a la Huasteca Veracruzana, la cual al encontrarse en un gradiente latitudinal y altitudinal tiene una importancia geográfica, ecológica y socioeconómica. Se considera que sus habitantes tienen un conocimiento tradicional que ponen en práctica para poder alimentarse y cuidar su salud, esto no podría ser posible sin el conocimiento de la diversidad de árboles y animales dentro de los huertos familiares (Magaña, 2012). Los entrevistados fueron 20% mujeres y 80% hombres, el 64% de los entrevistados fue mayor de 50 años y el 67% indicó haber cursado algún grado de primaria. La mayoría de los participantes fueron hombres debido a la hora que se aplicaron las entrevistas cuando estos ya se encontraban de regreso los hombres después de su jornada laboral (Figura 1).

De las 44 familias reconocidas, las más prominentes fueron Fabacea, Asteraceae, Rosaceae y Rutaceae.

De las 95 especies se clasificaron en 5 categorías de uso: maderables 10%, rituales 3%, comestibles 36%, ornamentales 33% y medicinales 18%. Como se indica las especies de plantas comestibles tuvo un lugar preponderante. La especie comestible más encontrada fue el maíz (*Zea mays* L.) con un 32%. La importancia de estas especies es fundamental para la dieta familiar tal como lo arguye Lerner *et al.* (2009).

En cuanto a las especies de plantas ornamentales, las especies con mayor abundancia fueron una orquídea (*Oncidium sphacelatum* Lindl.) con un 38%, seguido por la especie denominada comúnmente corona de cristo (*Euphorbia mili* Des Moul) (25%). También se encontraron en los huertos familiares especies de árboles maderables (10%), lo cuales son utilizados por las familias como fuente de leña o madera para la construcción de sus casas habitación. Dentro de las especies identificadas destacan el cedro (*Cedrella odorata* L.) con un 31% seguido del chalahuite (*Inga vera* Willd) con un 18%.

Respecto a las especies de plantas medicinales identificadas (18%), su presencia fue menor de lo esperado, sin embargo, siguen siendo un recurso valioso para solucionar problemas de salud, usadas por las familias o curanderos de la localidad. Se considera que este conocimiento debe ser conservado porque forma parte del conocimiento tradicional de esta población sobre la flora local. Además, el conocimiento de las plantas medicinales se limita a la población de conocedores tradicionales que en su mayoría alcanzan edades avanzadas (Jaramillo 2003). En el caso de las plantas usadas en rituales (3%), el conocimiento de este tipo de plantas es escaso, no son utilizadas frecuentemente. Debido a que esta categoría de uso no se presentaba en todos los huertos. Una de ellas es la orquídea *Oncidium sphacelatum* la cual es usada para adornar la cruz el día de San Juan.

En el área de estudio de las 95 especies identificadas, 43 fueron especies arbóreas (45%), 18 arbustos (19%) y 34 especies herbáceas (36). Datos que coinciden con López-Alcina y Howard (2012) quienes mencionan que la forma biológica en los huertos familiares es la herbácea. Los árboles frutales fueron la forma biológica arborea con mayor valor de importancia, particularmente el mango (*Mangifera indica* L.) con 15% y la naranja (*Citrus X sinensis* L. Osbek), con un 12%. De las especies con uso medicinal, la predominante fue la hierbabuena (*Mentha spicata* L.) con un (26%) ya que representa la mayor abundancia en todos los huertos previamente estudiados, de igual manera esta planta también es utilizada como especie aromática en la preparación de comidas y bebidas. De las especies medicinales identificadas en los huertos de Chamola, las partes que más se utilizan son: hojas (65%), tallo (15%), flor (14), frutos (6%).

Durante las entrevistas y recorridos en los huertos familiares se observaron corrales utilizados para la cría de animales, siendo este uno de los componentes que forman parte de los huertos familiares. Como resultado del trabajo en campo se identificó la presencia de 5 especies. De los cuales 82% son pollos y gallinas, 4% cerdos, 9% borregos, 4% guajolotes y 1% patos. Los animales son alimentados con desperdicios de cocina, frutas demasiado maduras, tortillas duras. la crianza de estas especies representa un ahorro para las familias, esto coincide con lo encontrado por Mariaca (2012) y (Landon, 2005).

Los adultos mayores fueron quienes brindaron mayor información durante las entrevistas y mostraron interés por la investigación realizada, se considera que el conocimiento de las especies como el conocimiento sobre su uso son parte de una herencia sociocultural que debe ser protegida, ya que permite que estas especies no pierdan su valor de uso, se sigan consumiendo como parte de la dieta familiar, o se sigan usando para aliviar lesiones y enfermedades tanto de miembros de su familia como de sus animales de traspatio como lo menciona Mendoza (2007) y Magaña (2012).

CONCLUSIONES

Los huertos familiares en Chamola, municipio de Chicontepec, Veracruz, constituyen un espacio en donde las familias pueden obtener diversos bienes, entre ellos alimentos y plantas medicinales, además sirve como reservorios para la conservación de especies que son importantes desde su modo de vida. Los huertos familiares se consideran diversos tanto en las especies de plantas como de animales de traspatio. Por último, la composición de las plantas útiles encontradas en los huertos familiares en Chamola municipio de Chicontepec, Veracruz, expresa las necesidades alimenticias, culturales y económicas de las familias que allí habitan.

LITERATURA CITADA

- Galhena, D., Freed, R., Maredia, K. 2013. Home gardens: a promising approach to enhance household food security and wellbeing. *Agriculture and Food Security*. (8):1-13. <https://agricultureandfoodsecurity.biomedcentral.com/articles/10.1186/2048-7010-2-8>.ris
- Gliessman, S. R., 2013, Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 8(2):19-26.
- Gomez-Pompa, A., Krömer, T., Castro-Cortes, R. 2010. *Atlas de la flora de Veracruz. Un patrimonio natural en peligro*. Gobierno del Estado de Veracruz-Universidad Veracruzana: Xalapa. 531 p.
- Herrera, C. N., Gómez-Pompa, A., Cruz Kuri, L. y Flores, J. S. 1993. Los huertos familiares mayas en X-uilub, Yucatán, México. Aspectos generales y estudio comparativo entre la flora de los huertos familiares y la selva. *Biótica*, 1:19-36.
- INEGI. 2012. *Anuario estadístico de Veracruz*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del Estado de Veracruz. 3-24 pp.
- López-Alzina, D. G. y P. L. Howard. 2012. The structure, composition and functions of homegardens: focus on the Yucatan Peninsula. *Etnoecológica*, 9(1): 17-41.
- Lerner, M. T., Mariaca M. R., Salvatierra I. B., González-Jácome A. y Wahl K. E. 2009. Aporte de alimentos del huerto familiar a la economía campesina Ch'ol, Suclumpá, Chiapas, México. *Etnobiología*. 7:30-44.
- Landon, C. 2005. Los medios de vida crecen en los huertos, Diversificación de los ingresos rurales mediante los huertos familiares. En: Folleto de la FAO sobre la diversificación 2. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación pp.6-8.
- Mariaca, R. 2012. La complejidad del huerto familiar maya del sureste de México. En Ramón Mariaca Méndez (ed.), *El huerto familiar del sureste de México*, México, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco/ ECOSUR, pp. 7-97.
- Magaña, M. 2012. Etnobotánica de las plantas medicinales en los huertos familiares de Tabasco. In: R. Mariaca (ed). *El huerto familiar del sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco. Colegio de la Frontera Sur. México. pp. 176-196.
- Panyadee, P., Balslev, H., Wangpakapattanawong P., Inta A. 2017. Karen Homegardens: Characteristics, Functions, and Species Diversity. *Economic Botany*, 72(1):1-19. <https://doi.org/10.1007/s12231-018-9404-8>.

CALIDAD DE FRUTO DE MANZANO (*Malus domestica* Borkh) BAJO SISTEMA MIAF EN HUEJOTZINGO, PUEBLA, MÉXICO

Tabaré Tonalli Aquimín Duché-García¹

Ignacio Ocampo-Fletes¹

Javier Cruz-Hernández¹

Ernesto Hernández-Romero¹

J. Arahón Hernández-Guzmán¹

Antonio Macías-López¹

Daniel Jiménez-García²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

tabaredg@gmail.com

RESUMEN

La manzana es una de las frutas más consumidas en el mundo, siendo México uno de los principales productores y el estado de Puebla el tercero del país. El sistema MIAF es una propuesta para la producción de milpa y árboles frutales basada en los sistemas de cultivo tradicional de los valles de Puebla. El objetivo fue evaluar componentes de la calidad de fruto de manzano cv “agua nueva dos”, una mutante derivada de la Golden de Chihuahua, entre manzanos de un sistema MIAF y manzano en monocultivo, en el año 2018 y 2019, en la localidad de San Mateo Capultitlán municipio de Huejotzingo, Puebla, México. Se obtuvieron valores de los componentes de calidad de fruto de manzano similares o superiores bajo sistema MIAF respecto al monocultivo de manzano, resaltando el contenido de ácido málico (MIAF: 0.2084; monocultivo: 0.1998 gr/ 100 gr de pulpa) y el peso de fruto (MIAF: 130.49; monocultivo: 115.26 gr), así como el contenido de sólidos solubles (MIAF: 16.16 °Bx; monocultivo: 16.81 °Bx). La variedad de manzana “agua nueva dos” producida en milpa intercalada con árboles de manzano cuenta con valores adecuados de calidad de fruto para su venta y consumo.

Palabras clave: Frutales, Policultivo

INTRODUCCIÓN

La manzana, rica en vitaminas y minerales, es una de las frutas con mayor demanda y consumo en el mundo; y de ella existen más de 7000 variedades (Mignard *et al.*, 2020). México se encuentra dentro de los 15 países con mayor producción de manzana (García-Domínguez *et al.*, 2019). En 2016 produjo 717 mil toneladas en 54.3 mil ha, con un valor de 4.7 mil millones de pesos, destacando Puebla como uno de los estados con mayor producción, sólo superado por Chihuahua y Durango (SIAP, 2017).

De acuerdo con el Atlas agroalimentario, en 2016 el consumo *per cápita* de manzana en México fue de 8.8 kg; y fue otoño la estación con mayor disponibilidad de frutos maduros en el mercado. Debido a que la manzana se consume como fruto fresco, la calidad de fruto es un aspecto relevante para su comercialización (Romero *et al.*, 2017).

Una de las variedades existentes en el estado de Puebla es “Agua Nueva 2”; variedad del Colegio de Posgraduados derivada de la manzana Golden de Chihuahua, la cual se desarrolla de manera óptima a una altitud de 2000 a 2200 m, teniendo su época de floración durante los meses de febrero y marzo, y la etapa de maduración en el mes de junio. Requiere 500 horas frío, los días de flor a fruto son 130, posee un vigor medio al igual que un tamaño medio, el color de la cáscara es amarillo pudiendo ser

chapeado si se encuentra muy expuesto al sol. Se caracteriza por tener una alta jugosidad y crujencia, así como un buen sabor (Fernández *et al.*, 2010).

La región de Huejotzingo, en el estado de Puebla, tiene alta relevancia agrícola pese a la explosión del crecimiento urbano e industrial. Si bien existen factores condicionantes para el cambio de cobertura agropecuaria a urbana-industrial debido al incremento poblacional de la comunidad y a una escasa contribución de las nuevas generaciones en las dinámicas de producción agrícola, existe una valoración económica y socio-cultural de la tierra (Ascencio-López *et al.*, 2018).

En los valles de Puebla se práctica un tipo de sistema de cultivo agroforestal originado por agricultores de raíz náhuatl, en el cual se intercala maíz, frijol, alfalfa, chile, amaranto, calabaza y otros cultivos, con árboles frutales como manzana, pera, durazno, ciruela, capulín, tejocote, entre otros (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2018). A partir de este manejo tradicional de los agroecosistemas se establece la propuesta desde la investigación científica, del sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) como una alternativa viable para la producción de maíz de manera sustentable, bajo el paradigma de la agricultura tradicional (Turrent *et al.*, 2017).

El sistema MIAF ha mostrado ser una alternativa tecnológica para la producción de maíz en familias campesinas con escasos recursos o condiciones edafoclimáticas adversas (Zambada *et al.*, 2013), al ser un sistema agrícola diseñado para diversificar e incrementar la producción a través de la combinación de especies frutales con maíz y frijol, permitiendo conformar una estructura vegetal ordenada en el espacio y tiempo, la cual constituye un refugio potencial para las comunidades edáficas (Juárez-Ramón y Fragoso, 2014).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar componentes de la calidad de fruto de manzano en un sistema MIAF y uno de monocultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en 2018 y 2019, en una parcela con sistema MIAF establecida en 2004 en la localidad de San Mateo Capultitlán, municipio de Huejotzingo, Puebla, entre los 19°12' N y 98°25' O a una altitud de 2260 m. Esta zona se caracteriza por bosques de pino encino en la actualidad severamente reducidos por actividades agrícolas, principalmente por el cultivo de maíz de temporal (INAFED, 2016). La precipitación anual media es de 866 mm, la temperatura anual promedio de 15.7°C, con suelo del grupo Fluvisol, que se caracterizan por ser profundos, con bajo contenido de materia orgánica y pH cercano a la neutralidad (INEGI, 2010).

La parcela se ubicó en un área con posibilidades de aplicación de riego de auxilio. Se estudió la asociación maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalada en árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh) cv "Agua Nueva 2", que se encuentra en plena producción. Los árboles de manzano se condujeron en sistema Tatura modificado en cuatro hileras de 50 árboles separadas por callejones de 14.5 m destinados para los cultivos anuales. Bajo las mismas condiciones se estableció un huerto aledaño de manzano en monocultivo. La parcela experimental se conformó por cinco árboles y como parcela útil se consideraron los tres árboles centrales que tienen competencia completa.

La poda de invierno en los manzanos se realizó durante el mes de enero de 2018 y 2019, con el objetivo de mejorar sanidad, eliminar crecimientos vigorosos y ramas que pudieran reducir la incidencia de luz en el dosel del árbol, tener mejor distribución de frutos y disminuir el trabajo de raleo de fruto. La poda de verano o en verde, se realizó entre junio y julio de 2018 y 2019, para prescindir crecimientos vigorosos que pudieran generar sombreado excesivo a lo largo de las ramas de estructura. Durante la

floración y amarre de frutos del manzano no se aplicaron pesticidas, pero sí durante la maduración de fruto, asperjando los árboles con Cipermetrina ® 200 CE en dosis de 1 mL/L de agua. El número de aplicaciones fue en función de la infestación de frailecillo (*Macroductylus mexicanus*), variando entre una a tres veces por año.

Se realizó un muestreo de frutos y se integró una muestra compuesta por 18 frutos por tratamiento, proveniente de tres submuestras de 6 frutos representativos por árbol. La calidad de fruto se evaluó considerando variables volumétricas (peso, diámetro mayor y diámetro menor del fruto), sólidos solubles (grados brix), firmeza expresada en Newton (N), y acidez titulable. El registro de las variables volumétricas se realizó con un vernier y una balanza digital con capacidad de 4 Kg, los grados brix se obtuvieron con un refractómetro marca HANNA modelo H196801, la firmeza con un penetrómetro analógico y la acidez a través de titulación potenciométrica con hidróxido de sodio 0.1 N (Figura 1), de acuerdo con la norma NMX-F-102-S-1978. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete R (R Core Team, 2018), sometiendo los datos de calidad de fruto de manzano a una prueba t de Student.



Figura 1. Del lado superior izquierdo se muestran las mediciones volumétricas y registro de peso de los frutos. Del lado superior derecho se muestra en el fondo el refractómetro para medir grados brix y al frente el penetrómetro para medir firmeza en los frutos. Del lado inferior izquierdo se muestra el filtrado de manzana para la determinación de acidez titulable, y del lado inferior derecho el equipo para la titulación y medición de pH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los componentes de calidad de fruto de manzano evaluados en monocultivo y sistema MIAF para la variedad “Agua Nueva 2” mostraron valores adecuados de acuerdo con lo reportado por Fernández *et al.* (2010). Hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre el peso del fruto de manzanos bajo monocultivo y aquel obtenida en el sistema MIAF, siendo superiores en este último en ambos años, con un promedio por fruto en sistema MIAF de 97.64 g en 2018 y 130.49 g en 2019, mientras que para el manzano en monocultivo fue de 84.72 g en 2018 y de 115.26 g en 2019. Ponce *et al.* (2020) reportaron pesos similares (≈ 120 g) para manzanos con fertirriego de la variedad Golden Delicious de 33 años de edad sobre un portainjerto MM111, en el estado de Chihuahua.

El diámetro mayor (MIAF: 58.33 mm en 2018, 66.33 mm en 2019; Monocultivo: 57.47 mm en 2018, 64.02 mm en 2019) y diámetro menor (MIAF: 46.60 mm en 2018, 49.14 mm en 2019; Monocultivo: 45.41 mm en 2018, 47.52 mm en 2019) no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los manzanos en monocultivo y MIAF en ambos años de evaluación (Figura 2 y 3). Posadas-Herrera *et al.* (2018) encontraron un valor promedio para el diámetro mayor de 62.39 mm (Max: 85.62 mm y Min: 42.76 mm) en 36 variedades de manzana (24 “tradicionales” y 12 de “reciente introducción”), en el municipio de Zacatlán, Puebla, México.

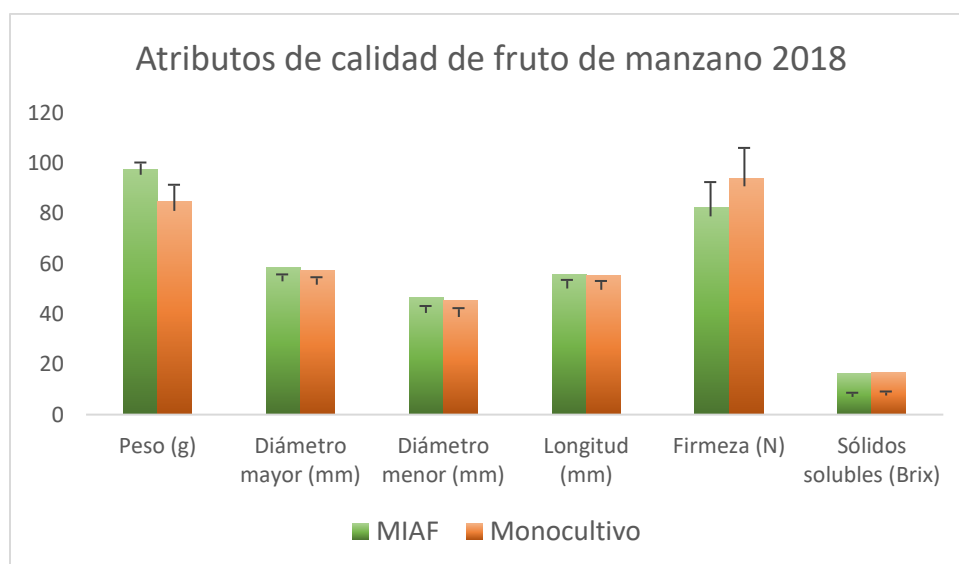


Figura 2. Medias de los atributos evaluados para calidad de fruto de manzano en 2018. Peso ($t(24.35)=5.012$, $p=0.000$); Diámetro mayor ($t(33.88)=1.039$, $p=0.31$); Diámetro menor ($t(34)=0$, $p=1$); Longitud ($t(34)=0$, $p=1$); Firmeza ($t(34)=0$, $p=1$); Sólidos solubles ($t(33.88)=-1.679$, $p=0.10$).

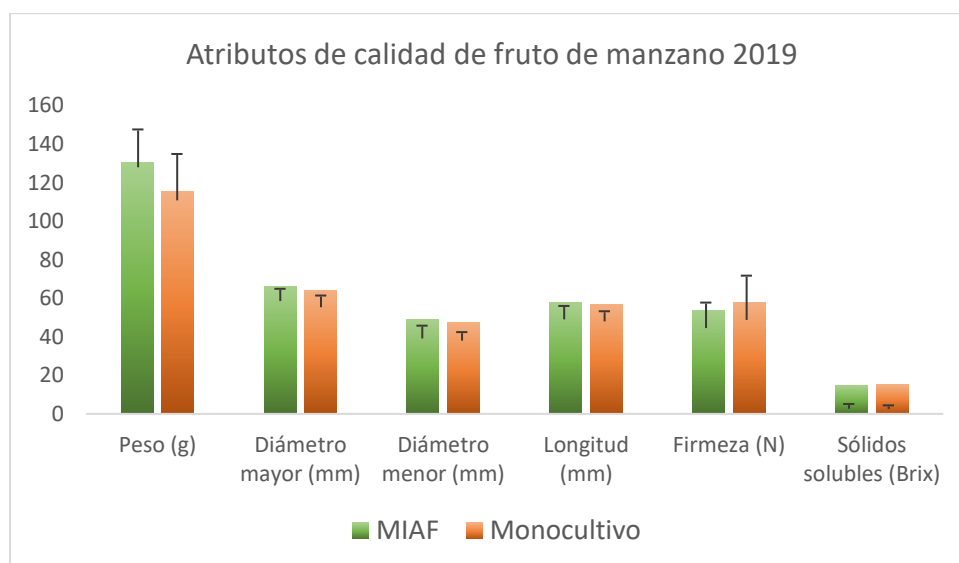


Figura 3. Medias de los atributos evaluados para calidad de fruto de manzano en 2019. Peso ($t(32.57)=2.179$, $p=0.037$); Diámetro mayor ($t(33.04)=1.214$, $p=0.233$); Diámetro menor ($t(29.40)=0.994$, $p=0.328$); Longitud ($t(34)=0$, $p=1$); Firmeza ($t(26.50)=-0.664$, $p=0.512$); Sólidos solubles ($t(29.08)=-1.077$, $p=0.290$).

La longitud de los frutos de manzano no mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sistemas evaluados, y tampoco hubo diferencias entre ambos sistemas para la firmeza de fruto. De acuerdo con varias investigaciones, la firmeza de la fruta es uno de los principales parámetros de aceptación por parte del consumidor (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996).

De acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-061-2003, el contenido de sólidos solubles en pulpa debe ser mayor a 12 °Bx en frutos de manzano con coloración amarilla o verde. Los sólidos solubles en los frutos de manzano en sistema MIAF mostraron un valor promedio de 16.16 °Bx para 2018 y de 14.71 °Bx para 2019, y en monocultivo de 16.81 °Bx para 2018 y 15.17 °Bx para 2019, sin mostrar diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ambos sistemas (Figura 2 y 3). Estos resultados son similares a los descritos por Fernández *et al.* (2010), quienes mencionan valores cercanos a 16 °Bx.

Los sólidos solubles y la acidez del fruto de manzano son componentes esenciales en la calidad de fruto, siendo el ácido málico el de mayor relevancia en las manzanas (Corona *et al.*, 2020). El contenido de ácido cítrico, tartárico y málico presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los frutos de manzano bajo sistema MIAF y monocultivo para el año 2018, pero no para el año 2019 (Figura 4 y 5). El mayor contenido de ácido málico se obtuvo en 2018 en frutos de manzano bajo sistema MIAF ($\bar{x}=0.208$ g/100 g de pulpa). El contenido de ácido málico ayuda para que los frutos puedan ser cosechados con mayor cantidad de días después de plena floración (Estrada-Beltrán *et al.*, 2021). Seipel *et al.* (2009) obtuvieron un valor medio de 0.2252 y 0.2258 g de ácido málico/100 g de pulpa para manzana variedad “Princesa” y “Eva”, respectivamente.

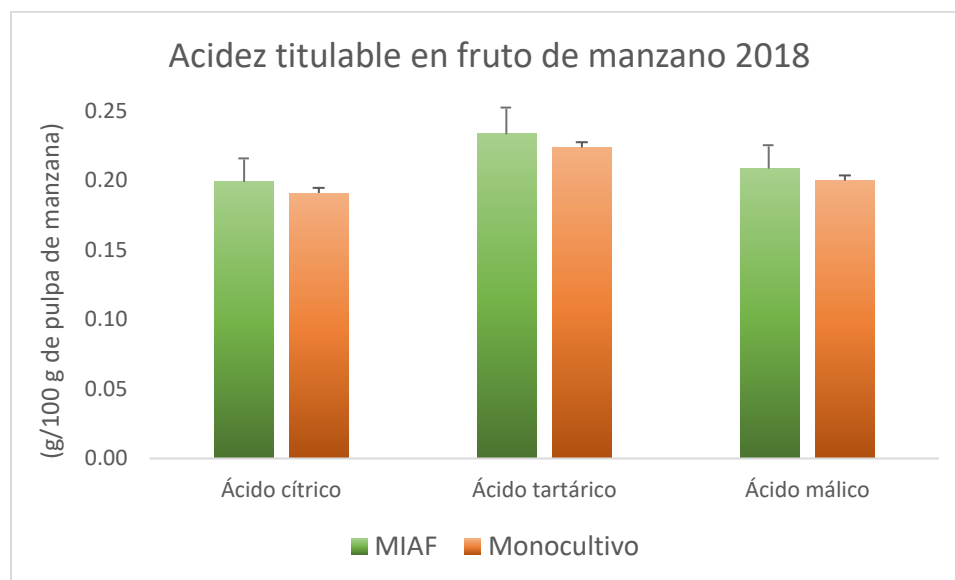


Figura 4. Medias de los ácidos evaluados en los frutos de manzano. Ácido cítrico ($t(4.26)=3.926$, $p=0.015$); Ácido tartárico ($t(4.29)=3.933$, $p=0.015$); Ácido málico ($t(4.29)=3.965$, $p=0.014$).

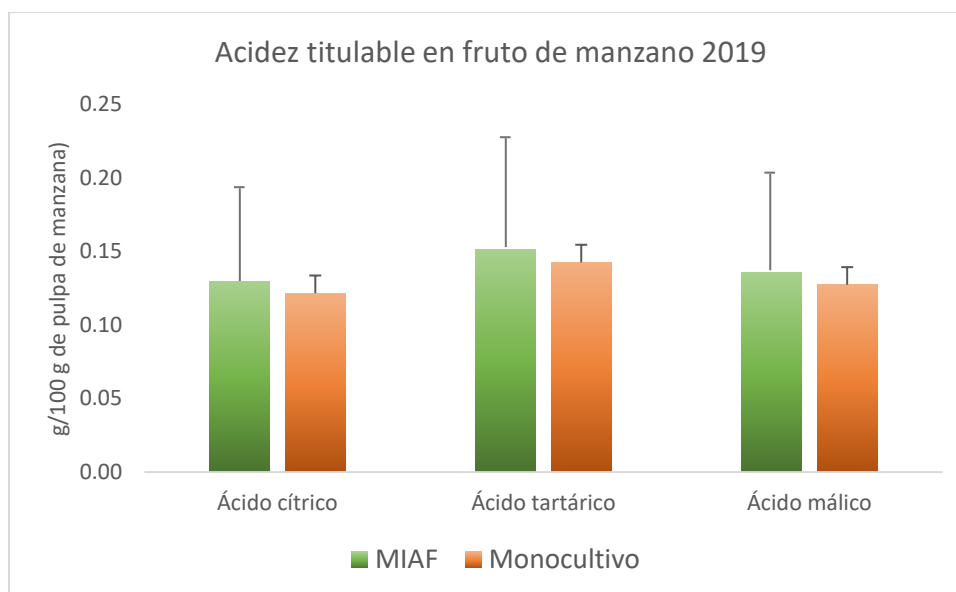


Figura 5. Medias de los ácidos evaluados en los frutos de manzano. Ácido cítrico ($t(4.15)=0.329$, $p=0.7583$); Ácido tartárico ($t(4.14)=0.329$, $p=0.758$); Ácido málico ($t(4.15)=0.329$, $p=0.758$).

La norma mexicana NMX-F-045-1982 establece que el contenido de acidez en manzana debe ser mayor a 0.3 y menor a 0.6 g ácido málico/100 g de pulpa. Los valores obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a los establecidos por dicha norma, lo cual se explica porque la manzana es un fruto climatérico y durante su maduración los ácidos orgánicos (como el málico y cítrico) son convertidos en azúcares, lo cual reduce el contenido de acidez. Por otro lado, la concentración de los ácidos orgánicos tiene una relación directa con la maduración, las características metabólicas del fruto, así como la conservación frigorífica prolongada (Melgarejo, 2010).

CONCLUSIONES

Los árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh) cv “Agua Nueva 2” en condiciones de temporal y riego de auxilio en la región de Huejotzingo, Puebla, producen frutos con valores adecuados de los componentes de calidad para su venta y consumo. El único valor que se encontró por debajo de los recomendados fue el contenido de ácido málico, lo cual se explica por el estado de maduración del fruto y su alto contenido de sólidos solubles.

Los componentes de calidad de fruto de manzano fueron estadísticamente iguales (diámetro de fruto, firmeza, longitud y sólidos solubles) o superiores (contenido de ácido málico y peso de fruto) a los encontrados en frutos de manzano en monocultivo, mostrando una de las ventajas de este sistema agroforestal sobre el manejo en cultivo simple de manzano.

El peso del fruto de manzanas producidas en el sistema MIAF fue estadísticamente superior al que se obtuvo en monocultivo, en los dos años de evaluación, con un promedio por fruto en sistema MIAF de 97.64 g en 2018 y 130.49 g en 2019, mientras que para el manzano en monocultivo fue de 84.72 g en 2018 y de 115.26 g en 2019.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Hipólito, su esposa María y su hijo Iván, por permitirnos realizar este estudio en su parcela y brindarnos las facilidades necesarias. Al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, por facilitar las instalaciones requeridas para los análisis de laboratorio de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Ascencio-López, W. J., Pérez-Ramírez, N., Méndez-Espinoza, J. A., Regalado-López J., Ramírez-Juárez, J. y Cajuste-Bontemps, L. (2018). Permanencia del uso de suelo agrícola ante la presión urbana-industrial en Huejotzingo, Puebla, México. *Acta Universitaria*, 28 (2), 42-52.
- Cadena-Iñiguez, P., Camas-Gómez, R., López-Báez, W., López-Gómez, H. y González-Cifuentes, J. (2018). El MIAF, una alternativa viable para laderas en áreas marginadas del sureste de México: caso de estudio en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1351-1361.
- Corona, L. L., Hernández-Martínez, D. M. y Meza-Márquez, O. G. (2020). Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en México. *Biocencia*, 22(1), 166-174.
- Dallant-Spinnler, B., MacFie, H. J. H., Beyts, P. K., Hedderley, D. (1996). Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Qual. Pref.* 7, 113-126.
- Estrada-Beltrán, A. E., Salas-Salazar, N. A., Parra-Quezada, R. A., Olivas, O. G., Jacobo-Cuellar, J. L., Flores-Córdova, M. A., Robles-Hernández, L., Soto-Caballero, M. C. y Frías-Moreno, M. N. (2021). Perfil de compuestos volátiles y parámetros fisicoquímicos de cuatro variedades de manzana, durante su maduración en árbol. *Interciencia*, 46(4), 140-147.
- Fernández-Montes, M.R., Parra-Quezada, R.A., Pérez-González, S., Vera-Morales, J.M., Zacatenco-González, M.G. (2010). Variedades de Manzana recomendadas para las serranías de Hidalgo y Querétaro. Centro e Investigación Regional Centro. INIFAP. Folleto Técnico No. 1, 36.
- García-Domínguez, E., Ramírez-Noriega, R. y Cruz-López, J. (2019). Recubrimiento natural de Aloe vera sobre la manzana (*Mulus domestica*) para su conservación. *e-Gnosis*, 2, 1-4.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Retomado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2016). Enciclopedia de los municipios de delegaciones de México, Estado de Puebla. Retomado
- Juárez-Ramón, D. y Frago, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(3), 637-654.
- Melgarejo, L. M. (2010). Experimentos en fisiología vegetal. Charlie's impresores Ltda. Bogotá, Colombia.
- Mignard, P., Reig, C. G., Font, F. C., Moreno, S. M. (2020). Antioxidantes y calidad del fruto de variedades de manzana del Banco de Germoplasma de la Estación Experimental de Aula Dei-CSIC. *Actas portuguesas de horticultura*, 30, 689-694.

- Norma Oficial Mexicana NMX-F-045-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Jugo de manzana. [Consultado Junio 2018]. 1982. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-045-1982.PDF>
- Norma Oficial Mexicana NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas [Consultado Junio 2018]. 1978. Disponible en: <https://media.gotomexico.today/reglament/nmx-f-102-s-1978.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NMX-FF-061-2003, productos agrícolas no industrializados para consume humano-fruta fresca-manzana (Malus pumila Mill). (Malus domestica Borkh)- Especificaciones. [Consultado Junio 2018]. 2003. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-061-2003.PDF>
- Ponce, G. O, Soto, P. J., Noperi, M. L., Holguín, A., Ochoa, R. J. y Holguín, G. F. (2020). Producción y calidad de manzana golden delicious por efecto de la fertilización con macronutrientes. Ciencia e Innovación, 3(2), 575-581.
- Posadas-Herrera, B. M., López, P. A., Gutiérrez-Rangel, N., Díaz-Cervantes, R., Ibáñez-Martínez, A. (2018). La diversidad fenotípica de manzano en Zacatlán, Puebla, México es amplia y es aportada principalmente por características de fruto. Revista fitotecnia mexicana, 41(1), 49-58.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Romero, D. L., Parra, Q. R., Jacobo, C. J., Ojeda, B. D., Guerreo, P. V., Ávila, Q. G., Ruiz, A. T. (2017). Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(4), 849-861.
- Seipel, M., Pirovani, M. E., Güemes, D. R., Gariglio, N. F. y Piagentini, A. M. (2009). Características fisicoquímicas de los frutos de tres variedades de manzanas cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. Revista FAVE - Ciencias Agrarias, 8(1), 27-36.
- SIAP. (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola, SAGARPA. Recuperado el 14 de julio de 2020, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico-produjo-716-930-toneladas-en-2016?idiom=es>
- Turrent, F., Cortés, F., Espinosa, C., Hernández, R., Camas, G., Torres, Z. y Zambada, M. (2017). MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(5), 1169-1185.
- Zambada, M., Cadena, I., Ayala, S., Sedas, L., Pérez, G., Francisco, N., Rendón, M. (2013). Red de articulación institucional y organizacional para gestionar innovaciones en la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 10(4), 443-458.

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES Y SUS APORTES AMBIENTALES EN SAN ANDRÉS CALPAN, PUEBLA, MÉXICO

Ana Karen Reyes-Reyes¹
Ignacio Ocampo-Fletes¹
Benito Ramírez-Valverde¹
Enrique Ortiz-Torres¹
Primo Sánchez-Morales²
Miguel Acosta-Mireles³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
akmerr@hotmail.com

RESUMEN

La agricultura familiar es una de las actividades de mayor importancia para la población en general, pero principalmente, para los millones de familias que dependen de ésta. Las diversas actividades en el sistema de producción generan bienes y servicios, además de los no ponderados monetariamente, que conllevan a beneficios para el propio agroecosistema; pueden incrementar con el tiempo, el deterioro de los recursos naturales que son base para el desarrollo de la actividad agrícola. Un tipo de agroecosistemas en los que se aprecian los aportes ambientales, son los sistemas agroforestales (SAF), como los que se localizan en San Andrés Calpan, municipio de Calpan, en el Valle de Puebla. El objetivo fue conocer los aportes ambientales generados por los SAF. Se evaluaron seis indicadores basados en la metodología del Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA). Se comparó el valor obtenido de cada indicador para diferentes tipos de SAF practicados en la zona y se encontró que los SAF tradicionales presentan mayores aportes ambientales, lo que explica su dominancia en la localidad, mientras que el SAF especializado se encuentra en un rango más vulnerable al reducir su biodiversidad. Se concluye que los SAF tradicionales aportan más bienes y servicios ambientales.

Palabras Clave: Agricultura familiar, Biodiversidad, Sistemas tradicionales

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con distintos organismos como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Mundial (BM) e investigadores del sector agropecuario, la agricultura familiar tiene una enorme importancia en la economía agropecuaria de los países, por lo que sus diversos aportes pueden propiciar un desarrollo rural, ya que también contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria, así como en funciones de las áreas económica, ambiental, social y cultural (Robles, 2016).

El sector de la agricultura familiar integra las actividades agrícolas, forestales, pesqueras, pastoriles y acuícolas que lleva a cabo una familia y cuya fuerza de trabajo, proviene principalmente de todos sus integrantes, donde participan hombres, mujeres, niños y personas de la tercera edad. Este tipo de agricultura además de encargarse de la producción de alimentos, también cumple un papel importante en los aspectos socioeconómico, ambiental y cultural; sin embargo, existen factores clave para que se desarrolle de forma exitosa: condiciones agroecológicas, demográficas, socioculturales y territoriales, el acceso a los mercados, a la financiación, a la tierra y a los recursos naturales (FAO, 2014).

Sin embargo, la apreciación reduccionista de la agricultura, enfocada en la parte productiva, ha dejado de lado otros aspectos que puede aportar esta actividad (Holmes, 2006; Moyano, 2008), llegando a ocupar un papel importante en la parte ambiental a través de la protección del hábitat, la conservación de los recursos naturales y promoviendo la biodiversidad. Con este fin, deben implementarse diseños agrícolas orientados a preservar los recursos naturales, así como a potencializar los servicios ambientales que puedan armonizar con los elementos que integran el agroecosistema, el cual debe ser ambientalmente adecuado y viable en términos productivos, sociales y económicos.

En este sentido, los agroecosistemas en que puede apreciarse la diversificación de funciones que se llevan a cabo, son los sistemas agroforestales (SAF), los cuales se definen como sistemas productivos en los que en un mismo espacio se encuentran por lo menos dos especies vegetales, una de las cuales debe ser leñosa perenne, incluso cuando no se aproveche la madera, y por lo menos una de estas especies sea de interés económico (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Mendieta y Rocha, 2007; ICRAF, 2013; Montagnini *et al.*, 2015). Dentro del aprovechamiento económico, aparte de su comercialización directa, las plantas se utilizan como fuente de alimentación para el autoconsumo o fuente de alimentación para el ganado.

Los SAF en estudio se localizan en San Andrés Calpan, en el municipio de Calpan, Puebla. Es un área geográfica notable del estado, ya que reúne las condiciones agroclimáticas para la producción de un cultivo de gran importancia como el maíz, y de otras especies, además de contar con varios tipos de sistemas agroforestales. Estos SAF tienen formas heterogéneas en su manejo, las cuales están en función del grado de diversidad que presentan estos sistemas y con el destino de su producción. Se pueden diferenciar dos tipos de SAF, los tradicionales que son los que predominan en la localidad, y otro tipo de SAF que tiende a la especialización de cultivos, la Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) que es un modelo generado a partir de investigaciones realizadas por el Colegio de Postgraduados y el INIFAP.

El objetivo es conocer los aportes ambientales generados por los SAF. Se planteó la hipótesis que los SAF con características más tradicionales en su manejo generan mayores aportes ambientales en relación a los que tienden a la especialización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de San Andrés Calpan (Figura 1), cabecera municipal del municipio de Calpan, en el estado de Puebla, México. Esta localidad está ubicada a 15 km al oeste de la capital del estado, entre los 19° 06' de latitud Norte y 98° 28' de longitud Oeste; se encuentra a una altitud entre 2,200 y 2,300 msnm; con temperaturas que varían de 8 a 16°C y una precipitación de 900 a 1,100 mm; predominan dos tipos de clima: templado subhúmedo con lluvias en verano y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2012).

Para seleccionar los sistemas especializados y los tradicionales se usó un muestreo no probabilístico. El primer grupo es el que tiene árboles frutales de manzano, ya que es la especie que proponen los investigadores en el modelo MIAF. Este grupo de SAF de Manzana (SAFM) fue considerado como el especializado. Los otros dos grupos fueron elegidos de acuerdo a los resultados de una caracterización previa, basada en una propuesta metodológica de Toledo *et al.* (1999), donde se partió de información generada de una muestra de 81 productores (sistemas de maíz con al menos un frutal) de un total de 527 productores de maíz que reporta el listado de PROAGRO de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2018). Esta caracterización arrojó tres categorías de SAF con alguna diferencia en su forma de apropiación de los recursos naturales; en orden de importancia por su presencia, son: Semitradicionales (59%), Tradicionales (22%) y Campesinos Puros (19%).

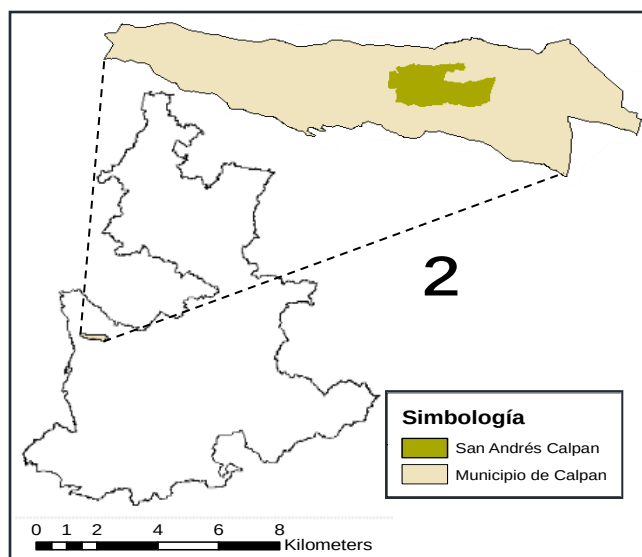


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de San Andrés Calpan.

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2015.

Se eligieron aquellos agroecosistemas con amplia representatividad en la zona y que se encontraron en la categoría de “tradicionales”, siendo los SAF con capulín (SAFC) y con tejocote (SAFT) los seleccionados. Los frutales capulín y tejocote son las dos especies de principal interés económico en la zona, por lo que se decidió tomar las dos para hacer una comparación de los SAF tradicionales y el SAF especializado. De cada uno de los SAF se eligieron dos huertos para tener una repetición, por lo que se estudiaron 6 huertos en total. La comparación fue con la finalidad de identificar los aportes ambientales de cada tipo de SAF.

Se establecieron 6 indicadores (Cuadro 1) con base en la metodología del Índice de Multifuncionalidad de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA) propuesta por Salcido *et al.* (2016). Este Índice retoma una perspectiva sistémica de la actividad agrícola al definir como nivel de análisis al propio sistema de producción agrícola, que contempla cuatro componentes: territorial, ambiental, económico y social. Para este trabajo se consideraron indicadores ambientales y territoriales dentro del mismo grupo para conocer los aportes ambientales dentro del manejo de la agricultura familiar en esta zona.

Cuadro 1. Indicadores para identificar aportes al área ambiental.

Función	Variable	Indicador	Valor
Configuración del paisaje	Heterogeneidad espacial (excluyente)	No. de cultivos establecidos en el último año	1 cultivo = 1.75
			2 cultivos = 5.25
			3 cultivos = 8.75
			Mayor a 4 cultivos = 10.5
Conectividad espacial	Fuente de abastecimiento (excluyente)	Procedencia de las semillas para cultivo básico	Comprada = 0
			Intercambio = 2.75
			Propia parcela = 5.5
Historia agrícola	Tendencia de cambio (excluyente)	Orientación del sistema determinado por el no. de cultivos desarrollados a través del tiempo	Simplificación (reducción de cultivos) = 3
			Estable (número de cultivos igual) = 6
			Complejidad (aumento de cultivos) = 9

Continúa Cuadro 1...

Provisión de refugio y hábitat	Resguardo de fauna (aditiva)	Avistamiento de animales	Valor por tipo = 1.5 En estrato arbóreo En los límites de la parcela En el cultivo
Conservación de suelo y agua	Estrategias sustentables (aditiva)	Ejecución de prácticas favorables	Valor por práctica = 1.438 Incorporación de materia orgánica Prácticas de lombricultura De rehabilitación de suelo Cultivos de cobertura Surcado en contorno Rotación de cultivos Labranza mínima Riego por goteo
Preservación de biodiversidad	Fomento de diversidad (aditiva)	Prácticas para propiciar la biodiversidad	Valor por practica = 3 Incorporación de más de una variedad por cultivo Uso de 2 o más cultivos diferentes Uso de especies forestales en márgenes y/o dentro del sistema

Fuente: Modificado a partir de Salcido *et al.* (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la localidad de San Andrés Calpan, los SAF presentan particularidades que están relacionadas con su proceso de desarrollo histórico y con las diversas formas de apropiación de la naturaleza por parte de los agricultores.

Los productores de San Andrés Calpan que manejan los SAF tienen una edad entre 32 y 84 años, con un promedio de 58 años, reflejando que la mayoría de los productores son adultos mayores, factor que permite pronosticar que la renovación generacional se está dando de manera muy lenta o incluso que se está perdiendo, situación que se ve reflejada para el Valle de Puebla en general (Osorio *et al.*, 2015). Con respecto a su alfabetización, 73% sabe leer y escribir, siendo 32% los que concluyeron la educación primaria y el 31% los que concluyeron la educación secundaria, el porcentaje restante presentan una educación de nivel básico incompleto, o incluso nunca asistieron a la escuela.

Los SAF analizados se encuentran constituidos por diferentes cultivos (agrobiodiversidad cultivada) (Cuadro 2); para el caso de los tres SAF (manzano, tejocote y capulín) el cultivo básico principal es el maíz, los cultivos asociados a éste cambian de acuerdo a la lógica de cada productor, siendo el SAF de capulín donde se encuentran más diversidad de cultivos asociados; en el caso de los frutales en cada sistema, es el SAF de capulín nuevamente el que presenta mayor diversidad de especies. Estos elementos son los que determinan la forma de manejo, situación que influye en el índice de multifuncionalidad de cada sistema.

Cuadro 2. Composición de los SAF en la localidad de San Andrés Calpan.

	Especializado SAFM ¹	SAFT ²	Tradicionales SAFC ³
Cultivo principal	Maíz	Maíz	Maíz
Cultivos complementarios		Calabaza	Calabaza
		Frijol	Frijol
			Haba
			Chile
Frutal principal	Manzana	Tejocote	Capulín
Frutales complementarios		Capulín	Tejocote
		Durazno	Durazno
		Nogal	Pera
			Ciruela
			Nogal

¹Sistema Agroforestal Manzana, ²Sistema Agroforestal Tejocote, ³Sistemas Agroforestal Capulín. Fuente: Elaboración propia con información de campo.

Con respecto a los indicadores establecidos, se presentan los valores obtenidos (Cuadro 3) para los tres sistemas analizados, con la finalidad de hacer la comparación entre los SAF con un manejo tradicional y el SAF que ha especializado su manejo a través de la reducción de sus cultivos.

Cuadro 3. Comparación de indicadores en los SAF de San Andrés Calpan.

Indicador	Especializado SAFM	SAFT	Tradicional SAFC
No. de cultivos establecidos	3.5	5.25	7
Procedencia de las semillas para cultivo básico	5.5	5.5	5.5
Orientación del sistema determinado por el número de cultivos desarrollados a través del tiempo	2.33	7	7
Avistamiento de animales (aves, reptiles, roedores)	3	4.5	4.5
Ejecución de prácticas favorables para la salud del agroecosistema	1.438	4.314	4.314
Prácticas para propiciar la biodiversidad	3	6	6
Promedio	3.1 (49%)	5.4 (82%)	5.7 (85%)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo.

La complejidad que puedan tener los sistemas agrícolas depende de diversos factores, en este caso se hace énfasis en que responde a los objetivos de la unidad de producción familiar. Respecto al primer indicador que es número de cultivos establecidos, se observa que aquellos sistemas con manejo tradicional optan por la diversificación de sus sistemas (5.25, 7), siendo el SAFC el que presenta mayor número de cultivos (7), teniendo al maíz como cultivo básico en combinación con hasta cuatro cultivos diferentes como calabaza, frijol, haba, chile, etc., y diferentes árboles frutales además del capulín, tejocote, ciruela, pera, nogal, durazno entre otros, situación que les permite a los productores obtener ingresos en diferentes etapas del año, además de disminuir el riesgo de pérdida por alguna inclemencia climática o presencia de plagas o enfermedades en los cultivos. El sistema especializado, obtuvo un valor por debajo de los SAF tradicionales (3.5), apuesta por el manejo de una sola especie frutal, el manzano, siguiendo el modelo que se ha establecido a partir de la investigación. La razón de decidir

implementar solo este frutal, es que puede colocarse en el mercado de manera segura y a un mayor precio; sin embargo, requiere un manejo más estricto, lo que se traduce en una mayor atención del productor, dejando de lado la posibilidad de integrar más frutales a su sistema. En este sentido Clemente y Álvarez (2019) refieren que cuando se opta por la simplificación de los sistemas agrícolas, buscando su intensificación, se modifica y simplifica el paisaje agrícola alterando los servicios ecosistémicos que la biodiversidad proporciona a los agroecosistemas, especialmente el control biológico de plagas.

El indicador de orientación del sistema determinado por el número de cultivos desarrollados a través del tiempo, presenta una diferencia en los sistemas; el SAF especializado ha reducido el número cultivos y frutales a través del tiempo, al dejar solo un cultivo básico (maíz) en combinación con un árbol frutal (manzano) obteniendo un valor de 2.33, mientras los SAF tradicionales presentan un valor de 7, ya que han optado por la diversificación y aumento de los mismos, elemento relacionado con el indicador anterior. En este sentido, López *et al.* (2020) refieren que las sociedades rurales modifican sus estructuras, en este caso de los sistemas de producción, en respuesta a los cambios que se presentan en el contexto en el que se desarrollan, donde están presentes elementos como la complejidad, la diversidad, las restricciones y los rendimientos que se consideran a cada momento para poder adaptarse a las necesidades que se les presentan. Es así que aquellos sistemas de producción que optan por la diversificación de la producción agrícola pueden lograr una mayor variedad en la producción vegetal, además de obtener beneficios como reducir el riesgo de plagas y arvenses, mejorar la distribución del agua y los nutrientes a través del perfil del suelo.

Con respecto al indicador de procedencia de las semillas para sus cultivos básicos, en los tres casos se obtienen de sus propias parcelas, por lo que es el único indicador donde presentan el mismo valor (5.5). González *et al.* (2019) reportan que en el municipio de Calpan esta práctica está generalizada entre los productores, la cual consiste en hacer una selección de la semilla criolla inmediatamente después de la cosecha, los campesinos seleccionan la semilla de maíz desde el granero, considerando características como el tamaño de la mazorca, grosor de olote y forma de la semilla.

En los SAF tradicionales se observa una mayor capacidad para albergar especies de animales, presentando un valor de 4.5, así como de contar con prácticas para propiciar la biodiversidad (valor de 6), en comparación con el sistema que ha sido especializado, el cual obtuvo un valor de 3 para ambos indicadores. Los sistemas con un manejo orientado a lo tradicional, representan un sitio que propicia condiciones más óptimas para la existencia de mayor biodiversidad vegetal, además permiten establecer diferentes escenarios para hospedar ciertas especies animales. Estos elementos no se observan en el SAFM, ya que al ser un sistema especializado presenta más limitaciones con respecto al tipo de prácticas que permitan la presencia de especies animales como algunas aves, reptiles y/o roedores; sin embargo, también es importante mencionar que algunas de las especies de fauna que llegan a observarse en los SAF pueden significar un peligro para los productores, ya que pueden causar daños tanto al cultivo como a los frutales, lo que provoca que se lleven a cabo prácticas que buscan ahuyentar a las especies de fauna no deseadas. En este aspecto, González *et al.* (2019) señalan que, la diversidad biológica asociada a este tipo de agroecosistemas en América sigue sin ser lo suficientemente estudiada y menos aún se sabe de sistemas agroforestales diseñados para mejorar su eficiencia, tanto productiva como de conservación de la vida silvestre.

Por otra parte, en el indicador de prácticas favorables para la salud del agroecosistema, los SAF tradicionales obtuvieron un valor de 4.31, mientras que el SAF especializado obtuvo un valor de 1.43 al solo llevar a cabo una de las prácticas que se consideraron como favorables. En este sentido, Nicholls *et al.* (2015) refieren que en la agricultura actual se ha optado por la sustitución de las especies vegetales naturales, por cultivos uniformes, situación que no contribuye a la implementación de prácticas favorables. La manipulación y alteración de los ecosistemas con el objetivo de cumplir con

estándares de producción, ha simplificado los sistemas de producción, lo que provoca que difieran mucho de los ecosistemas naturales; sin embargo, para los nuevos sistemas de cultivo que buscan ser rediseñados, no es suficiente el cambiar el tipo de prácticas que conforman el manejo, debe buscarse que estas prácticas realmente sean favorables a través de la aplicación de principios agroecológicos.

Los SAF caracterizados como tradicionales muestran los mejores valores con respecto al especializado (Figura 2), obteniendo el valor máximo posible para 3 indicadores, es decir, un valor de 100%, y encontrándose por arriba del especializado en prácticamente los 6 indicadores evaluados.

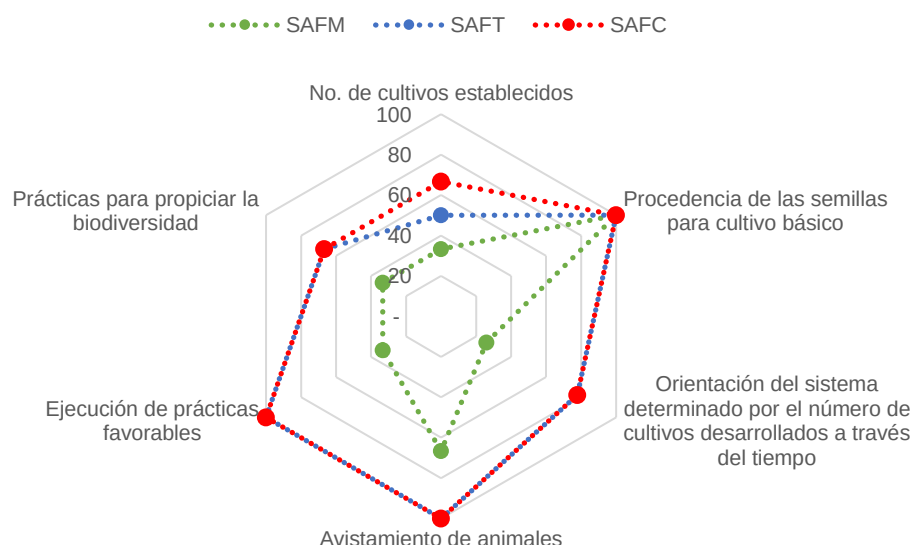


Figura 2. Valor de los indicadores por sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de campo.

Los SAF tradicionales presentan mayores aportes ambientales dentro del manejo que se da en la agricultura familiar, obteniendo un promedio de 5.4, lo que representa un 82% para los SAFT y 5.7 para los SAFC, equivalente a un 85% con respecto a un nivel óptimo de 100%, esto explica la dominancia de ese tipo de SAF en la localidad, mientras que el SAF especializado obtuvo un valor promedio de sus indicadores de 3.1 equivalente al 49%, lo que significa que es un sistema más vulnerable. Estos resultados muestran la importancia de entender la agricultura como una actividad que puede contribuir al fortalecimiento de diversos aspectos ambientales de las comunidades agrícolas, lo cual se traducirá en un mejor manejo y conservación de sus recursos naturales, propiciando que la productividad del sistema sea más estable (Salcido *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales tradicionales presentaron mayor cantidad de aportes ambientales al agroecosistema, producto de las prácticas de manejo que realizan las familias campesinas. Esto es posible debido a la biodiversidad que está presente en estos sistemas, permitiendo a los productores cumplir los objetivos para la unidad de producción familiar. La diversidad de cultivos fortalece a los agroecosistemas volviéndolos menos vulnerables a fenómenos climáticos, biológicos (plagas, enfermedades, arvenses) y de mercado. Los SAF especializados, al haber modificado sus prácticas en

función del simplificar la diversidad del sistema, presenta características que los hacen más frágiles con respecto a su capacidad de aportar beneficios ambientales. Los SAF tradicionales son más estables y generan mayores bienes y servicios a las familias, sin embargo, es importante mejorar su estructura y manejo, mientras los SAF más especializados, si bien aportan mayores beneficios económicos, resulta importante mejorar su biodiversidad cultivada para que aumenten los servicios ambientales.

LITERATURA CITADA

- Clemente, O. G., y Álvarez, H. A. 2019. La influencia del paisaje agrícola en el control biológico desde una perspectiva espacial. *Revista Ecosistemas*, 28(3), 13-25.
- FAO (Organización de las naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming-2014/es/>
- González, J. L. L., Gaxiola, J. F. Á., Miguez, S. E. R., Huato, M. Á. D., Espinosa, J. A. M., y Sánchez, J. A. P. 2019. Huertos familiares y seguridad alimentaria: el caso del municipio de Calpan, Puebla, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 351-371.
- Holmes, J. 2006. Impulses towards a multifunctional transition in rural Australia: gaps in the research agenda. *Journal of Rural Studies*, 22, 142- 160.
- ICRAF. 2013. An Agroforestry Guide for Field Practitioners. (J. Xu, A. Mercado, y J. y. He, Edits.) East Asia: Centro Mundial de Agroforestería. 72 p.
- INEGI. 2012. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Andrés Calpan, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21143.pdf>. (5 de octubre de 2019)
- INEGI. 2015. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21> (12 de mayo de 2020).
- Krishnamurthy, L., y Ávila, M. 1999. Agroforestería Básica. (R. d. Caribe, Ed.) México, México. 337 p.
- López, M. I. R., Hernández, J. A. E., Quiñonez, R. E., y García, R. R. M. 2020. Aproximación teórica y aplicada al modelo de diversificación integral de cultivos para el desarrollo agrícola y económico en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, República del Ecuador. Mikarimin. *Revista Científica Multidisciplinaria*. 6, 241-258.
- Mendieta, M., y Rocha, L. 2007. Definición, Perspectivas y Potencialidad de los Sistemas Agroforestales. págs. 4-29. En: *Sistemas Agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p
- Moyano, E. 2008. Multifuncionalidad, territorio y desarrollo de las áreas rurales. *Ambienta*, 81, 6-20. Recuperado de http://www.mma.es/secciones/biblioteca_publicacion/publicaciones/revista_ambienta/n81/pdf/06-19_Espania_CSIC.pdf
- Nicholls, C. I., Henao, A., y Altieri, M. A. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7-31.

- Osorio, G. N., López, S. H., Ramírez, V. B., Gil, M. A., y Gutiérrez, R. N. 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova scientia*, 7(14), 577-600. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052015000200577&script=sci_arttext
- Robles Berlanga, H. 2016. La pequeña agricultura campesina y familiar: construyendo una propuesta desde la sociedad. *Entre Diversidades. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, (7), 46-83.
- SADER. 2018. Listado de Beneficiarios PROAGRO ciclo primavera-verano 2018. En línea: <http://www.agricultura.gob.mx/listado-de-beneficiarios/ciclo-primavera-verano-2018>
- Salcido, R. S., Gerritsen, P. R., y Hernández, A. M. 2016. Evaluación de la multifuncionalidad de sistemas de producción agrícola en el sur de Jalisco, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 16 (31), 17-45. https://www.researchgate.net/profile/Peter_RW_Gerritsen/publication/308995011_Evaluacion_de_la_multifuncionalidad_de_sistemas_de_produccion_agricola_en_el_sur_de_Jalisco_Mexico/links/57fd3fa408ae6750f8065d7a.pdf
- Toledo, V. M., Alarcón, Ch. P., y Barón, L. 1999. Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: una aproximación al caso de México. *Estudios Agrarios*, 12, 55-90.

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS EN LA PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

Josué Aarón Morales-Cerón
Martha B. G. Irizar-Garza¹
Lucila González-Molina¹
Margarita Díaz-Valasis¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Valle de México
maggy_diaz@yahoo.com

RESUMEN

El nopal (*Opuntia spp*) es uno de los principales cultivos en la alimentación del mexicano. Su consumo se ha venido incrementando tanto en el país como en el extranjero por sus propiedades nutricionales. Dado que el área sembrada en México no se ha incrementado considerablemente, se ha vuelto importante la tecnología para el incremento de la producción. Dentro de las características de adaptación del nopal a diferentes tipos de estrés se encuentra la asociación con hongos endomicorrízicos los cuales facilitan la nutrición de la planta. Existen pocos trabajos sobre el efecto en el rendimiento de nopal verdura, por lo que el objetivo de este trabajo fue observar el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en la producción de nopal verdura y su aporte al contenido de materia orgánica (secuestro de carbono) en el suelo. El experimento se inició en 2014 en el Campo Experimental Valle de México (19° 26' 56" latitud norte y 98° 52' 20" longitud oeste). El diseño fue bloques al azar con dos tratamientos: con y sin micorriza INIFAP (40 esporas/g y 95% raíces colonizadas) y 5 repeticiones. Se realizaron tres inoculaciones, 5 g, 30 g y 10 g por planta en 2014, 2017 y 2018 respectivamente. Se abonó con composta en 2014, 4 t ha⁻¹; en 2016, 10 Kg por surco de 9 m; en 2018 se aplicaron 15 kg de composta por surco de 9 m. Se cosecharon los cladodios comerciales tiernos y se obtuvo el número, peso (g) y rendimiento (kg) por m² por año. La inoculación con micorriza INIFAP incremento el rendimiento de nopalitos en kg/m²/año en un 59%.

Palabras clave: rendimiento de nopal verdura, micorriza

INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia spp.*) es uno de los principales cultivos en la alimentación del mexicano. El consumo de nopal verdura creció a mediados del siglo XX por sus propiedades nutricionales como fuente de fibra entre otros. Actualmente la producción nacional de nopal verdura fue de más de 586 mil toneladas (SIAP, 2021). Dado que el área sembrada no se ha incrementado considerablemente, se ha vuelto importante la tecnología para el incrementar de la producción. Dentro de las características de adaptación del nopal a diferentes tipos de estrés se encuentra la asociación con hongos endomicorrízicos. Entre los géneros de hongos asociados al nopal más frecuentes se encuentran *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* (Shankar *et al.*, 1990; Cui y Nobel, 1992). Además, la simbiosis tiene la función de facilitar la nutrición de la planta incrementando el rendimiento. Trabajos realizados por González y colaboradores en 2019, mencionan un incremento significativo (18.8%) en el rendimiento de nopalitos inoculado con micorriza sobre el testigo no inoculado. En este mismo trabajo no se encontraron diferencias en el contenido de carbono en el suelo ya que en periodos menores a 10 años los cambios de carbono son relativamente pequeños comparados con el tamaño de este almacén (Smith, 2003). El objetivo de este trabajo fue observar el efecto de la inoculación de nopal verdura con hongos micorrízicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció una parcela de nopal verdura variedad Atlixco desde 2014 en el Campo Experimental Valle de México ubicado en Santa Lucía de Prías, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México entre los 19° 26' 56" latitud norte y 98° 52' 20" longitud oeste, con una altitud de 2264 msnm. El diseño fue bloques al azar con dos tratamientos: con y sin micorriza INIFAP (*Rhizophagus intraradices*, 40 esporas/g y 95% raíces colonizadas) y 5 repeticiones. Se realizaron tres inoculaciones, 5 g, 30 g y 10 g por planta en 2014, 2017 y 2018 respectivamente. Se abonó con composta en 2014, 4 t ha⁻¹; en 2016, 10 Kg por surco de 9 m; en 2018 se aplicaron 15 kg de composta por surco de 9 m. Se aplicó riego de auxilio en temporada de seca. Los resultados presentados de producción de cladodios tiernos (cosechados entre 30 y 60 días después de la brotación y una longitud de 15-25 cm, Flores, 2003) son del 2020. Respecto al porcentaje e colonización en raíces (Datos no mostrados), no hubo diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque el incremento en número de brotes fue mayor en el tratamiento con micorriza, las diferencias no fueron significativas. Sin embargo, se vio reflejado en el rendimiento (Cuadro 1), donde se observó un incremento del 59% del tratamiento micorrizado sobre el testigo. Esto coincide con los datos reportados de González y colaboradores (2019). En otros trabajos se ha encontrado que la colonización de hongos micorrízicos incrementa el crecimiento y por consiguiente la materia seca de los brotes de nopal, así como el promedio de la longitud del brote y la superficie de los cladodios (Estrada-Luna y Davis, 2008). Variables que incrementarían el rendimiento en plantaciones de nopal verdura. Otros trabajos como el de Escoto (2014), no encontró efecto de la micorrización en la producción de nopalitos. Probablemente, esto se deba, a que la inoculación se realizó el mismo año de la toma de datos. En nuestro caso hemos inoculado 3 veces en una plantación de 6 años.

Cuadro 1. Comparación de medias de variables de rendimiento de nopal verdura con y sin micorriza durante el año 2020.

Tratamiento	n	Número de cladodios (m ² año ⁻¹)	Peso promedio de cladodio (g ² m ² año ⁻¹)	Rendimiento (Kg m ² año ⁻¹)
Con micorriza	25	78.2 a	198.9 a	7.5 a
Sin micorriza	25	56.8 a	185.9 a	4.7 b
DMSH		22.092	22.7	1.7249

n: número de observaciones. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p=0.05$). DMSH= diferencia mínima significativa honesta.

CONCLUSIONES

El uso de micorriza INIFAP aplicado en diferentes etapas de crecimiento de nopal verdura potencia el rendimiento de cladodios comerciales hasta en un 59%.

LITERATURA CITADA

Cui M. y Nobel P.S. 1992. Nutrient status, water uptake and gas exchange for three desert succulents infected with mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 122: 643-649

- Escoto G. J. 2014. Efecto de biofertilizantes y productos orgánicos en la producción de nopal verdura. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad De Agronomía. Escobedo N. L. Méx. 132 p.
- Estrada-Luna A. A. y Davies Jr. F. T. 2008. Estado nutrimental y crecimiento de plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia albicarpa* Scheinvar cv. "Reyna") colonizadas con tres cepas seleccionadas de endomicorrizas. 204-215 pp. En: Montaña NM, Camargo-Ricalde SL, García-Sánchez R, Monroy-Ata A. (Eds.). Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (*Arbuscular mycorrhizae in arid and semi-arid ecosystems*). Mundi-Prensa SA de CV, Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. Mexico, Distrito Federal, México
- Flores, V. C. 2003. Importancia del nopal. In: Flores Valdéz, C. A. (Ed.). nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización. 1ra Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México. 1-18 pp.
- González M.L., Irizar G. M.B.G., Díaz V. M. y Muñiz R.E. 2019. Respuesta del nopal verdura a la micorrización. Publicación especial núm. 1. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. Chapingo México. Pp 54-59.
- Shankar A., Methew J., Neeraj R., Kaur R. y Varma A. 1990. Mycorrhizal status of some desert plants and their physiological significance. Current trends in mycorrhizal research. Proceedings of the National Conference on Mycorrhiza, held at Haryana Agricultural University. Hisar, India, pp 160-161
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (2021) Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. (julio 2021).
- Smith, S. 2003. Soil organic carbon and agriculture: developing indicators for policy analyses. agriculture and agri-food Canada. Ottawa and Organization for Economic Cooperation and Development, Paris. 329 p

USO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE ELOTE

Tania Romero-Figueiras¹
Pablo Andrés-Meza¹
 Joaquín Murguía-González¹
 Roberto Alvarado-Juárez²
 Alejandro Espinosa-Calderón³
 Julio Cesar González-Cárdenas⁴
 Ricardo Serna-Lagunes¹
 Otto R. Leyva-Ovalle¹
 Miguel Cebada-Merino¹
 Mauro Sierra-Macías⁵
 Margarita Tadeo-Robledo⁶
 Oscar R. Pérez-Durán¹
 Regulo C. Llarena-Hernández¹
 José L. Del Rosario-Arellano

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Orizaba-Córdoba. Universidad Veracruzana

² Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

³ Programa de Semillas. Campo Experimental Valle de México. INIFAP

⁴ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Poza Rica-Tuxpan. Universidad Veracruzana

⁵ Programa de Maíz. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP

⁶ Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. UNAM
 pandres@uv.mx

RESUMEN

Las actividades antropogénicas han tenido un gran impacto sobre los recursos naturales; de manera particular sobre los microorganismos que habitan el suelo, incluyendo los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales juegan un papel importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una alternativa de fertilización y regeneración de los suelos, es el uso de biofertilizantes que permiten desarrollar cultivos sostenibles en laderas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue comparar el efecto de la inoculación de la semilla con HMA y la aplicación de fertilizantes minerales sobre el cultivo de maíz para la producción de elote bajo un sistema agrícola de ladera. Durante el ciclo agrícola invierno-primavera 2020/21 se estableció un ensayo en la comunidad de Campo Grande, municipio Ixtaczoquitlán, Ver. Se empleó semilla de Maíz del híbrido A-7573, en las que se aplicaron cuatro tratamientos: 1) 50% de fertilización mineral, 2) 50% de fertilización mineral + *Rhizophagus Irregularis*, 3) 50% de fertilización mineral + consorcio de HMA y 4) 100% de fertilización mineral (testigo), los cuales se arreglaron bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron parámetros de crecimiento de la planta, rendimiento de elote y sus componentes. Se observaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en las variables de rendimiento y área foliar. Los tratamientos con la inoculación de micorriza produjeron resultados similares al obtenido con el testigo (100% de fertilización mineral). Es necesario continuar con la investigación bajo diferentes ambientes y localidades para intensificar el tipo y la cantidad recomendada de biofertilizantes.

Palabras clave: degradación del suelo, consorcios microbianos, agricultura en laderas

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas son ecosistemas dinámicos típicamente manejados con altos insumos para obtener una mayor productividad de los cultivos. Son influenciados por factores antropogénicos como

la aplicación de fertilizantes e insecticidas, labranza, monocultivo, entre otras (Yang *et al.*, 2020). Estas actividades tienen un impacto sobre los microorganismos que habitan el suelo, incluyendo los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (Bainard *et al.*, 2014; Doran y Zeiss, 2000), los cuales juegan un papel importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Sulub *et al.*, 2019). Se estima que más del 80% de las plantas vasculares se asocian con HMA (Smith y Read, 2008; Ravnskov *et al.*, 2020), por lo que son importantes en la diversidad y productividad vegetal (Sulub *et al.*, 2019). Las especies vegetales colonizadas por estos hongos incluyen aquellos cultivos de importancia económica, como el maíz (*Zea mays* L.), que es uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial (Hake y Ross-Ibarra, 2015).

Dentro de las prácticas agronómicas para el cultivo de maíz, la fertilización química representa un manejo común en regiones de riego, cuya inversión representa alrededor del 30% de los costos de producción (Uribe y Dzib, 2006). Sin embargo, especialmente en condiciones de temporal y debido al alto precio de ese insumo, el productor no aplica o reduce la fertilización química (SAGARPA, 2010). El uso de dichos insumos implica no solo un costo y requerimientos energéticos elevados (Rivera y Fernández, 2003), su uso indiscriminado tiene impactos perjudiciales que incluyen la disminución de la biodiversidad y el deterioro del suelo (Doran y Zeiss, 2000).

La agricultura en laderas es una práctica extendida en México, que permite diferenciarse territorialmente por la fluctuación en torno a variantes topográficas, climáticas, sociales y culturales (CentroGeo y ADESUR, 2020). En este tipo de sistemas agrícolas, se practica la agricultura campesina o de subsistencia, que se centra en el cultivo del maíz (Turrent *et al.*, 2017). Sin embargo, los cambios globales, incluidos el cambio climático, cambio de uso de la tierra, deforestación, pastoreo excesivo y prácticas agrícolas no sostenibles están afectando la fertilidad y salud de los suelos de laderas de una manera sin precedentes (FAO *et al.*, 2015). Debido al incremento de los costos ambientales de los sistemas agrícolas, existe la necesidad de restaurar la salud del suelo mediante prácticas de gestión agrícolas más sostenibles (Bukovsky-Reyes *et al.*, 2019). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de la inoculación de la semilla con HMA y la aplicación de fertilizantes minerales sobre el cultivo de maíz para la producción de elote bajo un sistema agrícola de ladera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se estableció en la comunidad Campo Grande, municipio de Ixtaczoquitlán Ver., ubicado geográficamente a los 18°49' LN; 97°1' LO y una altitud de 881 msnm. El clima en la localidad es *Am b(i')g* cálido húmedo (García, 2004), con una precipitación media anual de 2035.5 mm y temperatura media anual de 19°C (InMeteo, 2017). El suelo donde se estableció el ensayo es de tipo luvisol (INEGI, 2020) y una pendiente de 27%. Las características físico-químicas del suelo se muestran en el Cuadro 1.

Los contenidos registrados en el (Cuadro 1), corresponden a los siguientes niveles: suelo de textura fina con un pH moderadamente ácido, libre de carbonatos y sales, moderadamente sódico, moderadamente bajo para la materia orgánica, bajo para el nitrógeno, muy bajo para el fósforo y potasio (Castellanos *et al.*, 2000).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo.

Parámetros	Resultado	Unidad
Clase textural	Arcilla	---
Densidad aparente	1.78	g/cm ²
pH agua	5.67	---
Carbonatos totales	0.13	%
Conductividad eléctrica	0.023	dS/m
CIC	13.7	cmol/Kg
Materia orgánica	1.71	%
N Total	0.081	%
P Asimilable	0.78	mg/Kg
K+	37.05	mg/Kg

Se empleó semilla de maíz del híbrido A7573, en las que se aplicaron cuatro tratamientos: 1) 50% de fertilización mineral, 2) 50% de fertilización mineral + *Rhizopagus Irregularis*, 3) 50% de fertilización mineral + consorcio de HMA y 4) 100% de fertilización mineral (testigo). Todos los tratamientos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental fue de un surco de 8 m de largo y 0.8 m entre surcos. El factor de bloqueo se realizó en función de la pendiente del suelo. Al momento de la siembra se depositaron dos semillas por golpe, a los 15 días después de la siembra (dds) se aclareó dejando una planta cada 0.6 m para obtener una densidad de población de 20,833 plantas ha⁻¹. Los inóculos de HMA utilizados fueron: *Rhizopagus Irregularis* y un consorcio micorrízico (compuesto por 13 géneros de HMA, entre los que destacan *Glomus dimorphicum*, *Rhizopagus fasciculatus*, *Funnelformis mosseae*) provenientes de la empresa BioFábrica Siglo XXI con una concentración de 250 propágulos g⁻¹. La inoculación se realizó directamente a la semilla a una razón de 50 g de inóculo por cada kilogramo de semilla. Como adherente se utilizó carboximetil celulosa. La fertilización mineral se realizó con la fórmula 70N-46P-00K.

Se registraron las siguientes variables: altura de la planta (cm), diámetro de tallo (cm), días a floración masculina, contados a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas emitieran polen, días a la floración femenina, contados a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron los estigmas expuestos, área foliar (cm² hoja⁻¹), índice de clorofila, utilizando un SPAD-502Plus, se tomó el promedio de las lecturas realizadas en el tercio inferior, medio y superior de cada planta, porcentaje de plantas con la enfermedad de achaparramiento, fueron contabilizados de manera visual, aspecto de la planta, tomados en una escala del uno al cinco, donde uno es lo mejor y cinco es lo peor, longitud de elote (cm), diámetro ecuatorial de elote (cm), número de hileras, número de granos por hilera, peso de elote (g) y rendimiento de elote (kg ha⁻¹).

Todas las variables fueron sometidas a una prueba de homogeneidad de varianzas y normalidad mediante la prueba de Bartlett y Shapiro-Wilk (Castillo, 2007). Aquellas variables que no presentaron una distribución normal se transformaron para su análisis. Posteriormente, se realizaron análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Duncan (P≤0.05). Los datos fueron analizados mediante el software estadístico STATGRAPHICS® Plus 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados del análisis de varianza (Cuadro 2), se observó que solo las variables área foliar y rendimiento de elote mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el resto de las variables no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia de los valores de F en los factores de variación estudiados en el maíz sometido a diferentes tratamientos.

Variable	Cuadrado medio	Error	CV (%)	Promedio
Días a floración masculina (dds)	1.67 ns	2.05	2.1	69
Días a floración femenina (dds)	2.51 ns	2.43	2.2	70
Porcentaje de achaparramiento (%)	1.21 ns	3.04	88.8	5.5
Aspecto de la planta (visual)	0.95 ns	0.86	39.7	2.3
Altura de la planta (cm)	1644.17 ns	1073.22	22.5	146
Diámetro de tallo (cm)	3.27 ns	7.29	13.8	19.6
Área foliar (cm ²)	952.93*	228.87	21.8	69.4
Índice de clorofila (unidades SPAD)	157.14 ns	14.77	7.0	55.3
Longitud de elote (cm)	8.05 ns	6.5	7.9	31.9
Diámetro de elote (cm)	0.03 ns	0.01	2.0	5.7
Número de hileras	1.64 ns	1.38	8.1	14
Granos por hilera	3.85 ns	33.65	16.8	35
Peso de elote (g)	1065.44 ns	821.67	15.3	187.1
Rendimiento de elote (kg ha ⁻¹)	6397192.43**	843573	6.3	14651.9

dds= días después de la siembra; CV=coeficiente de variación; *, ** Diferente de cero a una probabilidad de 0.01 y 0.05; G.L. = grados de libertad.

Asimismo, se observaron bajos coeficientes de variación para la mayoría de las variables de 2 a 88.8%; excepto para aquellas registradas en porcentaje (porcentaje de achaparramiento) y que fueron transformadas para su análisis. La ausencia de efecto significativo de los inóculos sobre las variables antes citadas, pudo deberse a las condiciones ambientales que no permitieron la colonización de la raíz, así como el efecto de la estructura genética del material evaluado. Resultados similares fueron reportados por García *et al.* (2012), para determinar el efecto de *Azospirillum brasilense* sobre el rendimiento de grano de maíz en dos fechas de siembra.

Se pudo constatar que para la variable rendimiento de elote y área foliar los tratamientos mostraron un efecto significativo (Figura 1a). El tratamiento testigo con 100% de fertilización mineral (FM) obtuvo el mayor rendimiento de elote (16275.8 kg ha⁻¹), y fue ligeramente mayor a la media general del experimento (14651.9 kg ha⁻¹) y la media nacional (15039 kg ha⁻¹) (SIAP, 2020). No obstante, los tratamientos *Rhizophagus Irregularis* + 50% de FM y el consorcio HMA + 50% de FM, presentaron rendimientos estadísticamente similares al testigo con 13411.2 y 13193.8 kg ha⁻¹, respectivamente. Díaz *et al.* (2012), reportaron un aumento en la producción de elote y grano al utilizar *Rhizophagus Irregularis* inoculado en la semilla del maíz híbrido A7573 bajo condiciones de temporal semiárido.

En cuanto a la variable área foliar, los mismos tratamientos mostraron un resultado similar al rendimiento de elote (Figura 1b). De acuerdo con Tinoco *et al.* (2008), el máximo índice de área foliar para el cultivo de maíz es alcanzado durante la floración, lo que sugiere la capacidad fotosintética de la planta para acumular biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales dadas. El hecho de que las variables rendimiento de elote y área foliar son estadísticamente significativas sugiere que la

formación de granos en el cultivo está estrechamente relacionada y es directamente proporcional a la formación de biomasa, lo que concuerda con lo afirmado por (Bryant *et al.*, 1992; De Grazia *et al.*, 2003; Rivera *et al.*, 2010).

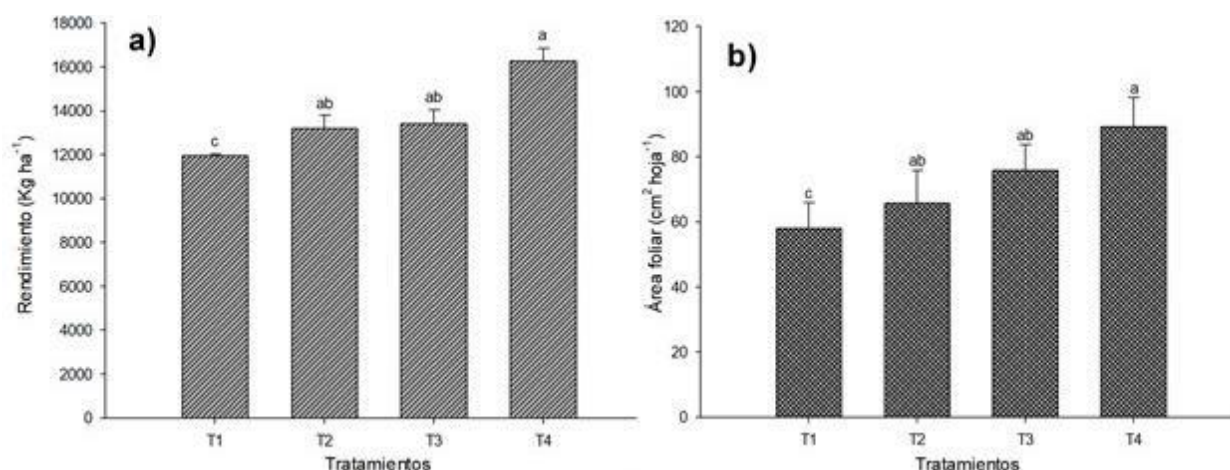


Figura 1. a) Rendimiento de elote (kg ha⁻¹) y b) área foliar (cm² hoja⁻¹) inoculado en la semilla del híbrido A7573. T1=50% fertilización mineral (FM), T2=Consocio HMA + 50% FM, T3=*Rhizophagus irregularis* + 50% FM y T4=100% FM. Las columnas con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P≤0.05).

CONCLUSIONES

Los tratamientos inoculados con micorrizas complementados con fertilización mineral produjeron resultados similares al testigo con 100% de fertilización mineral. Estos resultados sugieren que los inoculantes microbianos pueden inducir actividades de promoción del crecimiento y rendimiento de las plantas en sistemas agrícolas de laderas, pero se requiere una investigación más compleja y extensa, debido a que la eficacia de los biofertilizantes se puede mejorar mediante un conocimiento sólido y una experiencia práctica prolongada en un tipo de suelo particular.

LITERATURA CITADA

- Bainard, L. D., Bainard, J. D., Hamel, C., and Gan, Y. 2014. Spatial and temporal structuring of arbuscular mycorrhizal communities is differentially influenced by abiotic factors and host crop in a semi-arid prairie agroecosystem. *FEMS Microbiology Ecology*, 88(2), 333–344. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12300>
- Bryant, K. J., Benson, V. W., Kiniry, J. R., Williams, J. R., and Lacewell, R. D. 1992. Simulating Corn Yield Response to Irrigation Timings: Validation of the Epic Model. *Journal of Production Agriculture*, 5(2), 237–242. <https://doi.org/10.2134/jpa1992.0237>
- Bukovsky-Reyes, S., Isaac, M. E., and Blesh, J. 2019. Effects of intercropping and soil properties on root functional traits of cover crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 285(May), 106614. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106614>
- Castellanos, J., Uvalle, J., y Aguilar, A. 2000. Manual para la interpretación de análisis de suelos y agua (M. I. de C. para la P. Agrícola (ed.); 2da ed.).
- Castillo, L. 2007. Introducción al SAS para Windows, 3ra Edición (3ra.).

- CentroGeo, y ADESUR. 2020. Agricultura en ladera MIAF. Territorios Del Maíz. <http://adesur.centrogeo.org.mx/>
- De Grazia, J., Tiftonell, P. A., Germinara, D., and Chiesa, A. 2003. Short communication : Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata* Bailey). Spanish Journal of Agricultural Research, 1(2), 103. <https://doi.org/10.5424/sjar/2003012-28>
- Díaz, A., Salinas, J., Valadez, J., Cortinas, H., Loredó, C., Pecina, V., Pajarito, A., Amado, J., González, D., INIFAP, y SAGARPA. 2012. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México.
- Doran, J. W., and Zeiss, M. R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology, 15(Agosto 2000), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- FAO, Romeo, R., Vita, A., Manuelli, S., Zanini, E., Freppaz, M., and Stanchi, S. 2015. Soil genesis in recently deglaciated areas. In Understanding Mountain Soils: A contribution from mountain areas to the the International Year of Soils 2015.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. En Instituto de geografía- UNAM (Quinta). <https://doi.org/10.2307/j.ctv1xxv3n.2>
- García, J., Mendoza, A., y Mayek, N. 2012. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. Universidad y Ciencia, 28(1), 79–84. <https://doi.org/10.19136/era.a28n1.35>
- Hake, S., and Ross-Ibarra, J. 2015. Genetic, evolutionary and plant breeding insights from the domestication of maize. ELife, 4. <https://doi.org/10.7554/eLife.05861>
- INEGI. 2020. Edafología. www.inegi.org.mx
- InMeteo. 2017. VENTUSKY: El tiempo. www.ventusky.com
- Ravnskov, S., Cabral, C., and Larsen, J. 2020. Mycorrhiza induced tolerance in *Cucumis sativus* against root rot caused by *Pythium ultimum* depends on fungal species in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Biological Control, 141, 104133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104133>
- Rivera-Hernández, B., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olán, J. J., Juárez-López, J. F., and Aceves-Navarro, L. A. 2010. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. Agricultural Water Management, 97(9), 1365–1374. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.001>
- Rivera, R. A., y Fernández, K. 2003. El manejo eficiente de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible Estudio de caso: El Caribe.
- SAGARPA. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx/index
- SIAP. 2020. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por estado. Gobierno de México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Smith, S., and Read, D. 2008. Mycorrhizal symbiosis. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- Sulub, M., Morón, A., y De la Rosa, S. 2019. Efecto de la quema en el cultivo de maíz sobre los hongos micorrícicos arbusculares. En Avances en Investigación Agropecuaria (Vol. 23, Issue 2, pp. 7–13).
- Tinoco, C., Ramirez, A., Villareal, E., y Ruiz, A. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. Agricultura Técnica En México, 34, 271–278. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172008000300001&script=sci_arttext

- Turrent, A., Cortés, J. I., Espinosa, A., Hernández, E., Camas, R., Torres, J. P., y Zambada, A. 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1169. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.116>
- Uribe, G., y Dzib, R. 2006. Micorriza arbuscular ("*Glomus intraradices*"), "*Azospirillum brasilense*" y *Brassinoesteroide* en la producción de maíz en suelo luvisol. En *Agricultura Técnica en México* (Vol. 32, Issue 1, pp. 67–76).
- Yang, T., Siddique, K. H. M., and Liu, K. 2020. Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01118. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118>

Sección IV:

ECOTECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN



ANÁLISIS HIDRODINÁMICO DEL PROCESO DE BIOCONVERSIÓN DE RESIDUOS AGROCAÑEROS MEDIANTE CFD

Leonardo García-Mureño¹
Eduardo Hernández-Aguilar¹
Joaquín Estrada-García²
Juan Manuel Méndez-Contreras²

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Campus Orizaba

²Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Orizaba
jo-a-qui-n@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se determinó la hidrodinámica de RAC por simulación CFD (Computational Fluid Dynamics) mediante el software SolidWorks® 2018, haciendo variaciones en dos parámetros de operación, temperatura (25, 30, 35 y 40°C) y velocidad de agitación (100, 150 y 200 rpm). Midiendo como objetivo los perfiles de velocidad y esfuerzo de corte con un tiempo físico de 10 min (600 s) de mezclado en la bioconversión de RAC. Se modeló en 3D un reactor de tanque agitado de 5 L de capacidad a escala laboratorio y se delimitó el dominio computacional donde se llevaron a cabo las predicciones mediante el modelo de turbulencia k- ϵ , incluido en el complemento *Flow simulation*. La simulación CFD permitió predecir los parámetros del proceso indicando las posibles trayectorias del flujo a través del tiempo. Los resultados indicaron que existe un efecto de la temperatura en la hidrodinámica durante el proceso de bioconversión, en donde destacan 30°C y 100 rpm debido a que se obtuvieron mayores gradientes de velocidad, pero con un esfuerzo de corte bajo al inicio del proceso (2.8 Pa) y velocidades máximas en el centro del reactor de 0.003 m/s a diferencia de los valores a 150 rpm donde existe poco mezclado, o a 200 rpm donde hay mayor mezclado, pero con esfuerzo de corte elevado. Para las temperaturas a 25, 30 y 40°C el efecto fue similar a las muestras preliminares con agua donde el aumento en la agitación incrementó el mezclado, siendo mayor para 200 rpm que a 100 rpm.

Palabras clave: RAC, estrés hidrodinámico, biorreactores

INTRODUCCIÓN

Los Residuos Agrocañeros (RAC) se producen durante el corte y procesamiento de caña de azúcar ubicados en el sector de la agroindustria azucarera y agrícola. La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta perteneciente a la familia de las *Poáceas* proveniente del sureste asiático. Es común en países tropicales y subtropicales y sus variedades difieren en el color y en la longitud de su tallo (Grande, 2016). Según Gómez *et al.*, (2017) afirman que la caña de azúcar es uno de los cultivos agroalimentarios más producidos a nivel mundial y la naturaleza química y bioquímica de la materia que produce presenta un potencial para la diversificación productiva.

Se pueden obtener beneficios sustentables de los diferentes desechos que en el proceso de transformación se generan, como los de tipo primarios donde se obtienen puntas y hojas, también conocidos como paja de caña (García *et al.*, 2015) o los secundarios como lo son bagazos, cachazas, melazas, vinazas, y aguas residuales, las cuales pueden ser ampliamente utilizadas para procesos de biotransformación, ejemplo de ello es la bioconversión anaerobia de residuos (Mejías, *et al.*, 2016).

En la industria química existen diferentes métodos o procesos para la obtención de un determinado producto, se pueden llevar a cabo químicamente (utilizando sustancias químicas inorgánicas) o de manera biotecnológica (bioprocesos), en los cuales se hace uso de materia orgánica y la adición de microorganismos específicos afines al sustrato (Vuan, 2018).

A través de la biotecnología es posible la bioconversión de estos residuos mediante procesos de extracción directa o de transformación microbiana o química en productos comerciales de mayor valor añadido (pigmentos, antibióticos, enzimas, etc.) y con mayor impacto a la intención de mejorar la calidad ambiental a través de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales (Mejías, *et al.*, 2016). Esta alternativa produce biomásas ricas en nutrientes con alto potencial energético y se lleva a cabo por microorganismos mediante fermentación.

Para ello, se utilizan grandes equipos donde se efectúe la transformación, como lo son los biorreactores con agitación mecánica, en los cuales se realizan las reacciones de bioconversión de las biomásas a productos con valor añadido usando microorganismos específicos para cada tipo de fermentación (Pacheco y Vera, 2016).

Estos procesos en los que interviene agitación y la presencia de microorganismos que transforman la materia se ven sometidos a distintos tipos de fuerzas de tensión y deformación en el fluido que se encuentra en constante movimiento, lo que puede repercutir en la naturaleza física y biológica de los microorganismos que se encuentran presentes, ocasionando muerte celular pudiendo reducirse el rendimiento y la productividad del bioproceso en cuestión (Rodríguez, 2018).

Para evaluar el desarrollo, diseño e implementación de este tipo de procesos se ha puesto interés en las herramientas computacionales, las cuales predicen el comportamiento del flujo de fluidos donde se aplica agitación mecánica para determinar la hidrodinámica de los sistemas. Este tipo de procesos se han estudiado mediante el análisis por Dinámica de Fluidos Computacional o CFD (por sus siglas en inglés), mediante la solución de las ecuaciones de Navier-Stokes por el método del elemento finito, que a su vez implementa el uso de modelos como $k-\epsilon$ que se aplica a sistemas bajo régimen turbulento únicamente (Estrada *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una muestra de Residuos Agrocañeros diluida en agua a una concentración de 100 g/L. Para la experimentación mediante CFD se utilizó equipo de cómputo avanzado para realizar las simulaciones en Works Stations MT – M30BD – A01LLMM, NS: MJ06V9H9 y haciendo uso del programa SolidWorks® 2018, para el modelado en 3D del reactor de tanque agitado escala laboratorio con capacidad de 5 L.

Diseño de experimentos para la simulación CFD

Con el fin de identificar la hidrodinámica de los Residuos Agrocañeros a diferentes temperaturas y velocidades de agitación, en el reactor a escala laboratorio con el modelado matemático mediante CFD, se desarrolló un diseño de experimentos 4x3. Considerando las propiedades físicas del sustrato (RAC). Se consideraron dos parámetros de operación: temperatura (°C) y velocidad de agitación (rpm), haciendo variaciones a 4 diferentes temperaturas 25, 30, 35 y 40°C y tres velocidades 100, 150 y 200 rpm.

Caracterización física de la muestra de RAC

Para poder llevar a cabo las simulaciones fue necesario caracterizar físicamente la muestra de RAC diluida en agua a 100 g/L, para un proceso de bioconversión al tiempo cero de fermentación para obtener la densidad y viscosidad, parámetros necesarios que permitieron la predicción del comportamiento hidrodinámico. La densidad de la sustancia se determinó a partir del cociente de su masa sobre su volumen. A temperatura y presión ambiente. Haciendo uso de una probeta limpia y seca se pesaron 100 mL de la muestra en una balanza analítica, calculándose la densidad en kg/m^3 con la siguiente.

La viscosidad se determinó con el uso de un viscosímetro marca Brookfield modelo DV2T, a una temperatura de $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$. Para determinar la viscosidad del RAC fue necesario variar las diferentes velocidades de agitación en un rango entre 5 y 10 rpm. Basados en este comportamiento se decidió aplicar intervalos de giro menores, al tratarse de una mezcla compleja se hicieron lecturas desde 0.1 a 0.5 rpm con intervalos de 0.1 rpm, posteriormente se continuó con intervalos de 0.5 rpm hasta la cota superior para el torque aplicado hasta obtener un torque de 50% mediante el cual se determinó la viscosidad. Haciendo uso de una aguja tipo ULA con chaqueta de calentamiento y baño de agua para el control de temperatura.

Modelado 3D del reactor

Para el modelado de la geometría del reactor de tanque agitado a escala laboratorio con capacidad de 5 litros se recurrió al software computacional SolidWorks® (SW) 2018, en el cual se modeló la geometría cilíndrica, un agitador tipo hélice con dos hojas y el aditamento de chaqueta de calentamiento con las características del Cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales del reactor agitado (Estrada et al., 2020).

Equipo	Características
Reactor	Acero inoxidable 312, capacidad de 5L, diámetro de 0.24 m y 0.21 m de alto. Cuenta con chaqueta de calentamiento con rango de 25 a 50°C.
Agitador	Acero inoxidable 321, tipo hélice con dos hojas, eje 0.02 m de diámetro y 0.25 m de largo.

Además, se usó la herramienta *Flow Simulation*, uno de los complementos con los que cuenta SW destinados para la simulación del flujo de fluidos, en donde se efectuó el análisis CFD para conocer la hidrodinámica de los Residuos Agrocañeros, así como observar la influencia de la temperatura del sistema en dicho estudio. La Figura 1 muestra el reactor a escala piloto (a), mientras que la 1(b), el reactor modelado y (c) las aspas de giro.

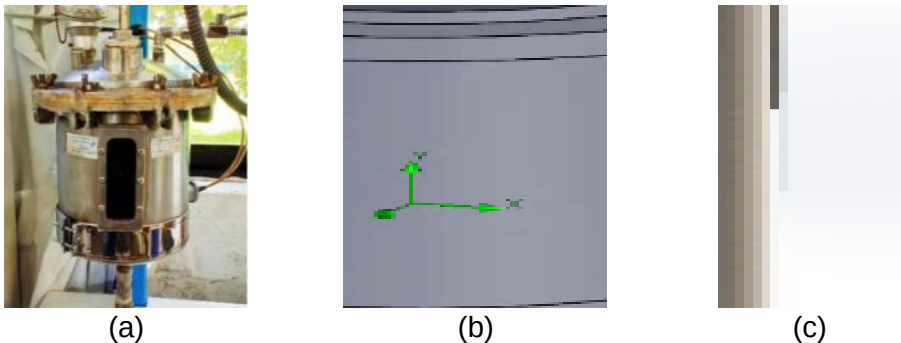


Figura 1. Reactor escala laboratorio con agitador tipo hélice de dos hojas, (a) y modelo del reactor en SW (b), palas y eje de agitación (c).

Condiciones de Frontera y simulación CFD

Se simuló un estudio dependiente del tiempo tomando los perfiles de velocidad y esfuerzo de corte, así como la potencia de agitación para 10 min (600 s) de haber transcurrido el mezclado, esto bajo un régimen turbulento haciendo uso del modelo k-ε el cual permitió predecir el comportamiento hidrodinámico de mezclado del RAC. Las ecuaciones que rigen el modelo de turbulencia k-ε son las siguientes (Hernández, *et al.*, 2016):

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho(u \cdot \nabla)u = \nabla \cdot [-pl + (\mu + \mu_T)(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F \quad (1)$$

$$\rho \nabla \cdot (u) = 0 \quad (2)$$

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho(u \cdot \nabla)k = \nabla \cdot \left[\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + Pk - \rho \epsilon \quad (3)$$

$$\rho \frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \rho(u \cdot \nabla)\epsilon = \nabla \cdot \left[\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\epsilon} \right) \nabla \epsilon \right] + C_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} Pk - C_{\epsilon 2} \rho \frac{\epsilon^2}{k} \quad (4)$$

$$\mu_T = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (5)$$

$$Pk = \mu_T [\nabla u : (\nabla u + (\nabla u)^T)] \quad (6)$$

Se establecieron las condiciones iniciales de operación en la experimentación con CFD. Primero se realizaron pruebas con propiedades estándar del agua y se modificaron las velocidades de agitación para la obtención de resultados según el diseño experimental. El modelado y simulación determinaron la trayectoria del fluido, así como sus respectivos parámetros.

Cálculo de número de potencia (NP)

Se calculó el número de potencia (NP) para tener en cuenta la potencia necesaria que se requiere para el funcionamiento del agitador con las diferentes condiciones de operación. La ecuación que permite obtener el valor de NP se presenta a continuación (Uribe, 2013).

$$NP = \frac{P}{\rho N^3 D a^3} \quad (7)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física de la muestra

Como resultado de la caracterización física de la muestra se obtuvieron los valores correspondientes a la densidad y a la viscosidad. Se observó que la densidad de la muestra de RAC, como era de esperarse tuvo un valor superior que la densidad del agua (1000 Kg/m³) a 1033.33 Kg/m³, esto debido a la presencia de sólidos suspendidos en la muestra. Por otro lado, la viscosidad tuvo un valor de 0.05868 Pa*s. Y el valor para la conductividad térmica fue tomado de acuerdo con lo reportado por la literatura según este tipo de sustancia, donde el valor promedio es de 0.5 W/ m·K (Naranjo, 2014).

Pruebas preliminares mediante CFD con agua

La Figura 2 muestra el comportamiento hidrodinámico del agua aplicando diferentes velocidades de agitación con un tiempo de 10 min. Se puede observar la variación en el comportamiento de la trayectoria del fluido una vez se incrementa la velocidad de giro del rodete. Para una velocidad de 100 rpm se muestra un desarrollo parcialmente homogéneo concentrando valores de velocidad altos (0.003 m/s) en el centro y hacia las paredes del reactor formando vórtices de baja velocidad en las esquinas, a 150 rpm se aprecia mayor mezclado desde el centro hacia las paredes con velocidades que comprenden valores desde 0.002 a 0.003 m/s, mientras que en el eje del rodete se presentan velocidades mayores; finalmente a 200 rpm la trayectoria del fluido indica agitación en todo el dominio del eje donde el fluido presenta velocidades elevadas.

La principal característica de los flujos turbulentos es la presencia de remolinos que son grandes comparados con la escala molecular y que promueven el proceso de mezclado. El flujo turbulento a través de un movimiento caótico de remolinos asociado con una fluctuación de velocidad conduce a un rápido mezclado y por lo tanto, es el régimen preferido para el mezclado (Solís, 2015), de acuerdo con la Figura 2 la velocidad que daría mejores resultados basados en la turbulencia para el caso del agua es a 200 rpm ya que se generan mayor cantidad de remolinos con velocidades de agitación bajas que promueven la correcta bioconversión de RAC.

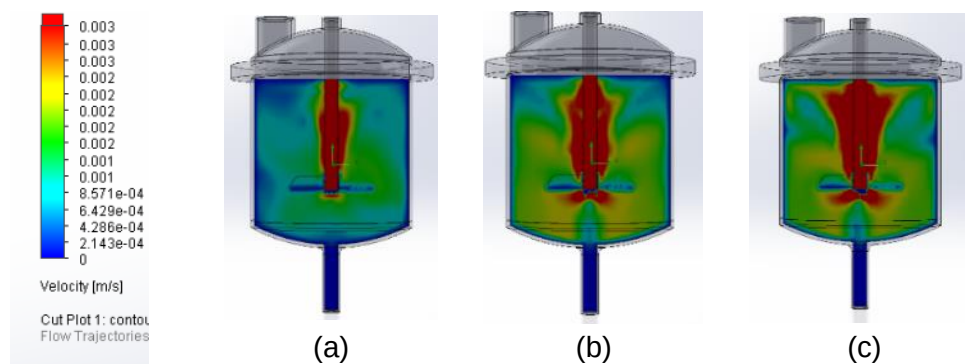


Figura 2. Contornos de velocidad de agua a diferentes velocidades de agitación (a) 100 rpm, (b) 150 rpm, (c) 200 rpm.

Resultados de la simulación CFD de la muestra de RAC

Los contornos de velocidad obtenidos por la simulación de la muestra de RAC demostraron el comportamiento del flujo en los 10 min de mezclado. Se observó que existe un efecto de la temperatura conforme aumenta de 25°C hasta 40°C, siendo de interés a 35°C donde existe un mayor efecto de mezclado con velocidades de 0.003 m/s en la mayor parte del reactor, tanto en el eje como en las aspas de giro y velocidades menores (0.001 m/s) en zonas muertas a la orilla del reactor.

Además, se observó el efecto de las velocidades de agitación en las simulaciones para cada temperatura. Siendo de interés notar que para 25, 30 y 40°C el incremento en el giro permitió aumentar las velocidades del RAC dentro del reactor, logrando predecir que en cuanto mayor sean las revoluciones por minuto mayores fluctuaciones de velocidad aparecen, lo que puede beneficiar el mezclado, como lo presenta Figueroa (2019) quien evaluó el efecto de la agitación mecánica en la fermentación alcohólica de extracto de malta. Sin embargo, para la temperatura de 35°C se observaron diferencias entre las velocidades de agitación, siendo a la velocidad inicial (100 rpm) la predicción de un mejor mezclado, disminuyendo para 150 rpm y aumentando para 200 rpm, con valores en las paredes del reactor que oscilan los 0.001 m/s y aumentando hacia el centro del reactor a 0.003 m/s. Esto indica que a esta temperatura y velocidad de agitación (35°C y 100 rpm) podría generar un

aparente mejor mezclado para la bioconversión del RAC, (ver. Figura 3).

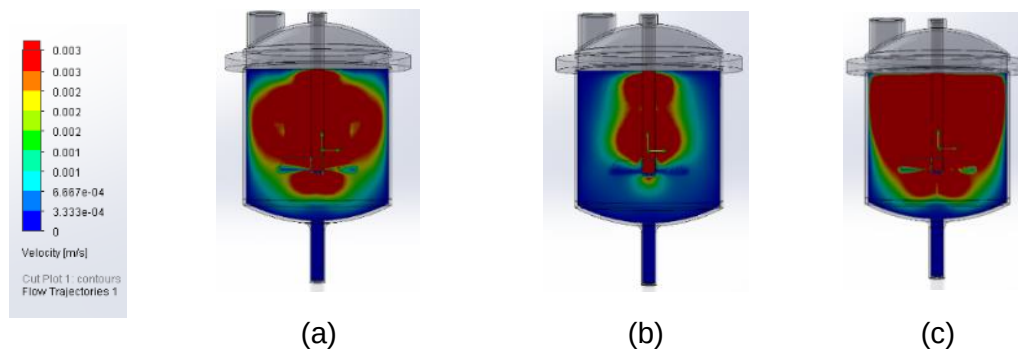


Figura 3. Contornos de velocidad de RAC a diferentes velocidades de agitación (a) 100 rpm, (b) 150 rpm, (c) 200 rpm y 35°C.

Perfiles de velocidad y esfuerzo de corte

Se logró predecir a 25°C valores altos de velocidad a 150 y 200 rpm cercanos a 0.28 m/s, mientras que para 100 rpm valores de 0.22 m/s al inicio del proceso. Mientras que, para el esfuerzo de corte, al inicio del proceso arrojó valores de 3.4 Pa. Para 30°C se mostraron valores iniciales altos de velocidad (0.4 m/s) y esfuerzo de corte (4.45 Pa) para 200 rpm, obteniendo valores similares para la agitación a 100 rpm y por debajo de estos para 150 rpm. A 35°C las velocidades de agitación a 150 y 200 rpm predijeron valores iniciales de 0.26 m/s y 4.6 Pa respectivamente, estabilizándose en el tiempo a 0.001 m/s (velocidad) y 0.06 Pa (esfuerzo de corte), mientras que para 100 rpm los valores iniciales fueron bajos (0.18 m/s y 2.8 Pa), esto podría beneficiar el proceso de la bioconversión debido a que no existe un estrés hidrodinámico elevado ya que estudios demuestran que al incrementar el estrés hidrodinámico existe una disminución en la concentración celular y dificulta la transferencia de masa (Vilas, *et al.*, 2015; Estrada, *et al.*, 2020).

Finalmente, a 40°C se presentaron altos valores a 100 rpm siendo 0.3 m/s y 6 Pa respectivamente, disminuyendo conforme avanza el tiempo de mezclado a 0.001 m/s (velocidad) y 0.006 Pa (esfuerzo de corte). Mientras que a 150 y 200 rpm se produjeron valores por debajo de los mencionados. Esto puede compararse con los contornos hidrodinámicos, demostrando que la mejor condición de operación sería a 35°C y 100 rpm debido al mezclado homogéneo en el reactor y valores para el esfuerzo de corte bajos, evitando muerte celular según lo presentado por Martínez *et al.*, (2019) a diferencia de la condición a 35°C y 200 rpm que arrojó valores elevados para el esfuerzo de corte, (ver. Figura 4).

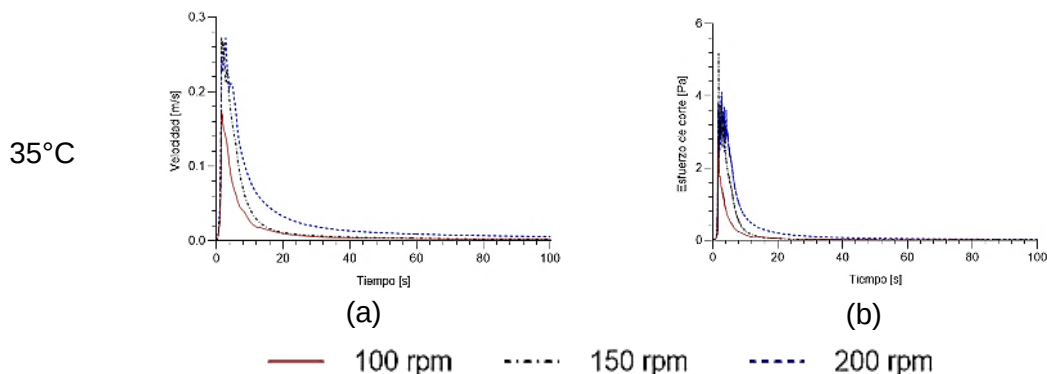


Figura 4. Perfiles de velocidad, (a) y esfuerzo de corte, (b) a 35°C.

Lo anterior indicó que la posible mejor condición puede llevarse a cabo en un rango de temperatura mesofílico entre 20 y 45°C (Delgado, 2015), al tener un mejor comportamiento a 35°C. Por otro lado, Arias (2013) evaluó el efecto de las velocidades de agitación obteniendo que para una velocidad de 200 rpm hubo mayor crecimiento celular (0.60 g/L*día) que a 300 y 400 rpm (0.59 y 0.53 g/L*día, respectivamente) en la producción de metabolitos secundarios, indicando que a menor agitación disminuye el estrés hidrodinámico permitiendo, para la muestra de RAC, una posible mejor bioconversión a velocidades más bajas.

Potencia de agitación

Se obtuvo la potencia P (W) para cada una de las simulaciones, considerando las condiciones que benefician el ahorro en el consumo de energía. Siendo las condiciones que presentan valores más bajo (25°C a 100 y 150 rpm, 30°C a 100 y 150 rpm, 35°C a 100 y 150 rpm; 40°C a 100, 150 y 200 rpm) una opción para la bioconversión sin considerar los efectos de agitación que se presentan en el proceso. Mostrando un mayor consumo de energía a 35°C y 200 rpm, con una potencia de 55 368.74 W y un torque de 2643.68 N*m.

CONCLUSIONES

Mediante la hidrodinámica se pudo predecir el comportamiento de la bioconversión de la muestra de RAC, así como el efecto que tuvieron las velocidades de agitación y las temperaturas de operación. Se identificó que para 25, 30 y 40°C la muestra de RAC tuvo un comportamiento en las fluctuaciones de velocidad similar al del agua conforme se incrementaron las velocidades de agitación, con fluctuaciones de velocidad elevadas para 200 rpm en la mayor parte del reactor (0.003 m/s), sin embargo, para 35°C se observó un comportamiento diferente para cada velocidad de giro; habiendo mayores fluctuaciones de velocidad que podrían beneficiar el mezclado y la bioconversión a 35°C y 100 rpm. Indicando, además, que los valores para los perfiles de velocidad y esfuerzo de corte inicial son inferiores (0.18 m/s y 2.8 Pa) en comparación con los obtenidos para las diferentes simulaciones, a 40°C se producen altos valores a 100 rpm siendo 0.3 m/s y 6 Pa, respectivamente. Además, la potencia que se necesitaría para la experimentación en físico para esta condición (35°C y 100 rpm) es de 894.8866 W, valor medio entre los obtenidos para las diferentes condiciones operativas (309.665 a 55368.64 W) indicando bajo consumo de energía.

Finalmente, para estudios futuros se propone cambiar la geometría del biorreactor para poder comparar el comportamiento del esfuerzo cortante en la bioconversión, así como para identificar la variación del número de potencia y así obtener una correcta bioconversión del RAC, agregando un tipo diferente de agitador o deflectores en el interior del reactor.

LITERATURA CITADA

- Arias Echeverri, J. P. 2013. Optimización de Parámetros de Cultivo en Suspensión de Células de la Especie Vegetal *Thevetia peruviana* y su Efecto en la Producción de Metabolitos secundarios. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Delgado, C. M. 2015. Parámetros de control y monitoreo del proceso en digestores anaerobios de pequeña escala y diferentes tecnologías. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Estrada García, J., Méndez Contreras, J. M., Alvarado Lassman, A., y Hernández Aguilar, E. 2020. Determinación de la hidrodinámica de un lodo porcícola en un reactor anaerobio mediante CFD. Journal CIM, 1(8), 1228-1235.

- Figuroa Acedo, R. 2019. Efecto de la agitación mecánica en la fermentación alcohólica de extracto de malta. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Grande Tovar, C. D. 2016. Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales. Universidad de San Buenaventura Cali: Bonaventuriana.
- Gómez Merino, F., Trejo-Téllez, L. I., Salazar Ortiz, J., Pérez Sato, J. A., Sentíes Herrera, H. E., Bello Bello, J. J., y Aguilar Rivera, N. 2017. La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Agroproductividad*, 10(11), 6.
- García E., Y., Salgado G., S., Bolio L., G. I., Córdova S., S., Lagunes E., L. C., Falconi C., R., y Veleza, L. 2015. Elaboración de papel artesanal con paja de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Forestal y Agropecuaria en Tabasco*, 15.
- Hernández Aguilar, E., Alvarado Lassman, A., Osorio Mirón, A., and Méndez Contreras, J. M. 2016. Development of energy efficient mixing strategies in egg-shaped anaerobic reactors through 3D CFD simulation. *Journal of Environmental Science and Health*, 51(7), 536-543.
- Martínez Roldán, A., Rodríguez Rosales, M. J., Gómez Lozano, B. P., Díaz Ramírez, M. A., Ruíz García, M. Á., y Villanueva García, R. P. 2019. Los fotobiorreactores como herramientas para el desarrollo de bioprocesos a partir de microalgas. *Academia Journal*, 7, 2110-2115.
- Mejías Brizuela, N., Orozco Guillen, E., y Galán Hernández, N. 2016. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 15.
- Naranjo Gómez, L. N. 2014. Modelamiento del estado hidrodinámico de un reactor anaerobio por medio de CFD para el estudio del mezclado. Colombia: Universidad de Los Andes.
- Rodríguez Martín, A. 201). Estudio de las condiciones fluido-dinámicas en cultivos. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Solís Herrera, J. Á. 2015. Modelado y simulación de un reactor airlift para su aplicación en la separación de sílice del agua. Azcapotzalco: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Uribe, V. C. 2013. *Diseño y Cálculo de un Agitador de Fluidos*. Chile: Universidad del Bío-Bío.
- Vuan, V. 2018. Tendencias de producción de ácido láctico a partir de recursos renovables. Uruguay: Universidad ORT Uruguay.
- Pacheco Choez, R. E., y Vera Suárez, D. D. 2016. Determinación de los parámetros biocinéticos K, K_s, K_d, Y; para su aplicación en el diseño de un Biorreactor tipo Batch. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

RELACIONES PRODUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE PATRONES DE CULTIVO DE MAÍZ, FRIJOL Y AYOCOTE

Ricardo Mendoza-Robles¹
Ernesto Hernández-Romero¹

¹Campus Puebla del Colegio de Postgraduados
rimero52@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar las relaciones productivas de patrones de cultivo que utilizan pequeños agricultores: maíz, frijol y ayocote en cultivo simple y en forma asociada e intercalada. Se estimaron las densidades de plantas y rendimientos comerciales de 2015-2020, y se calcularon las eficiencias productivas (EP) y económicas (EE) de cada patrón de cultivo. El estudio se realizó en una parcela y se complementó con información de otra comunidad. Los resultados indican que los rendimientos medios de maíz híbrido bajo riego decrecen al pasar de maíz en monocultivo (12.1 ton/ha) a maíz asociado con frijol (10.1) y a maíz asociado con ayocote (9.3), donde este ejerce más competencia que el frijol. También la producción media de maíz solo y asociado se reduce al pasar de 2015 a 2018 (13.4, 10.8, 9.2 y 8.2 ton/ha), debido a deficiencias de manejo, sobre todo por densidades de población menores (54.5, 44.8, 38.8 y 38.5 mil plantas/ha). Cuando el maíz se asoció con frijol guía las EP y EE totales promedio fueron importantes (1.73 y 1.84), lo que indica que la asociación incrementó los rendimientos en 73% y los ingresos en 84% en comparación con los cultivos únicos de maíz y frijol. En la asociación maíz-ayocote la eficiencia fue menor (1.47 y 1.50), pero el frijol en espalderas fue el de mayor EP y EE (2.32 y 2.67) y el valor más bajo se dio en maíz-frijol de mata intercalados (1.27 y 1.31). Los rendimientos promedio de frijol y ayocote tipo mata fueron de 2.2 y 4.3 ton/ha, y los de frijol y ayocote en espalderas de 5.1 y 6.2 ton/ha, respectivamente. Las mejores alternativas son el frijol en espalderas para el traspatio y las asociaciones de maíz-frijol y maíz-ayocote para la parcela.

Palabras clave: maíz-frijol asociado, intercalado, espalderas

INTRODUCCIÓN

La importancia del maíz y frijol queda demostrada por las superficies que se han cultivado en el valle de Puebla (70 y 15%, respectivamente; CIMMYT, 1974) y porque siguen siendo la base de la dieta de la población rural de la Sierra Nevada. O sea, en las estribaciones de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl donde actualmente se ubica la Microrregión de Atención Prioritaria Huejotzingo del Campus Puebla (Mendoza *et al.*, 2018). A nivel nacional, entre los granos y oleaginosas, el maíz y frijol representan el 66.7 y 2.6% de la producción obtenida, respectivamente, donde el estado de Puebla contribuye con un rendimiento de maíz muy bajo de 1.9 ton/ha en 555,000 ha (el 58% con semilla criolla) (GCMA, 2019).

También en maíz, a nivel nacional, la superficie promedio anual sembrada entre 1980 y 2017 fue aproximadamente de 8 millones de ha, con una fluctuación en el volumen de producción de 12.4 a 27.8 millones de ton, lo cual indica un incremento en los rendimientos por el uso cada vez de mejores técnicas de cultivo, en el mismo periodo, y un promedio de alrededor de 18 millones de ton. En el caso de frijol en ese periodo, la superficie establecida fue de más o menos 2.0 millones de ha asociadas a una producción de un millón de ton, anualmente, con fluctuaciones de 0.6 a 1.4 millones de ton (CEDRSSA, 2019).

En ambos cultivos, maíz y frijol, la tendencia en la superficie sembrada durante la primera mitad del periodo indicado se incrementó, sin embargo, durante la segunda mitad disminuyó, lo que pareciera que los precios de garantía habían proveído un mejor incentivo para incrementar la superficie en el primer periodo, si bien en el segundo continuó aumentando la producción de maíz y se mantuvo la de frijol. Esto se menciona porque la política del gobierno actual está retomando, en cierta medida, acciones para mejorar sobre todo los precios del maíz (\$5.6/kg).

Lo cual podría contribuir a un mayor interés de los productores por el maíz, porque en los últimos años (finales de los 2010) venían recibiendo en esta región \$3.0-3.5/kg, y si bien el precio se ha incrementado a \$5.00/kg (principios de los 2020), la realidad es que la tortilla aumentó de \$10.00 a 15.00/kg. Por lo que de alguna forma el precio y la situación del maíz criollo y mejorado de calidad nixtamalera alta sigue estancada, lo que continúa desestimulando a los productores de este cultivo, entonces, entre las alternativas de solución está el mejoramiento tecnológico del maíz tendiente a obtener mayores rendimientos unitarios y mejores volúmenes de producción.

Por el contrario, el frijol y ayocote presentan mejores precios (tres y dos veces el valor del maíz respectivamente), y como resultan ser menos costosos, otra alternativa sería la de fomentar una mayor superficie establecida con estos cultivos, si bien, también son menos productivos que el maíz, el cual es importante además, por las rotaciones anuales de gramíneas-leguminosas que se requieren en el caso de frijol y ayocote (Díaz y Ocampo, 2016). Por lo que existe otra tendencia, según el testimonio de productores, a utilizar también otros cultivos de importancia económica como el chile y amaranto.

El objetivo de este trabajo fue analizar las relaciones productivas entre patrones de cultivo de maíz, frijol y ayocote, las interacciones entre estas especies y la densidad de población, así como, la eficiencia productiva y económica de dichos patrones: cultivos únicos frente a las asociaciones e intercalaciones de maíz-frijol y maíz-ayocote, incluyendo al frijol y ayocote en espalderas, como una forma de ofrecer alternativas de producción con un manejo apropiado a los pequeños agricultores de la Sierra Nevada en Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el periodo de 2015-2020 se evaluó la producción comercial de maíz, frijol de mata, ayocote tipo mata, maíz y frijol de guía asociados, maíz y ayocote de guía asociados, frijol y ayocote de guía en espalderas (soportes de madera, alambre e hilo), los cuales se establecieron entre hileras de árboles frutales (Mendoza y Hernández, 2018 y 2020); así como, maíz y frijol de mata intercalados en franjas alternas de dos surcos cada una, de 1996-2003, en las microrregiones de los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y La Malinche. Esta investigación se realizó en una parcela de San Lorenzo Chiauhtingo, Puebla, mientras que en 2018 a 2020, el cultivo en espalderas se estableció por los productores en pequeños lotes comerciales con 3 a 6 hileras de 150 m, aproximadamente. Lo anterior tuvo como objetivo analizar las relaciones productivas en los patrones de cultivo mencionados, así como la eficiencia productiva y económica asociada a dichos sistemas agrícolas, de acuerdo con los procedimientos propuestos por Mead y Willey (1980) y Turrent (1979). En este caso la eficiencia productiva (EP) y económica (EE) se calculan con las siguientes expresiones:

$$EP = (RMA/RMS) + (RFA/RFS) \quad \text{y} \quad EE = (IMA/IMS) + (IFA/IFS)$$

Donde, R=Rendimiento, M=Maíz, A=Asociado, S=Solo o simple, F=Frijol, I=Ingreso; en el caso de ayocote (Ay) se sustituye la F por Ay en la ecuación anterior, y en el caso de maíz y frijol intercalado (In) se sustituye la A por In.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relaciones productivas entre los patrones de cultivo de maíz, frijol y ayocote

En el cultivo de maíz bajo condiciones de riego, en los principales patrones de cultivo con que cuentan los productores se observa una mayor producción comercial, como es lógico, asociada al cultivo único de maíz seguido del maíz que se asocia con frijol común y, finalmente, del maíz asociado al frijol ayocote. Esto como consecuencia de una producción superior de grano del ayocote en comparación con el frijol, y un mayor vigor de la planta (paja), lo que ocasiona más competencia que se refleja en alto grado de acame del maíz, sobre todo de la parte superior de la planta (por arriba de la mazorca) (Figura 1).

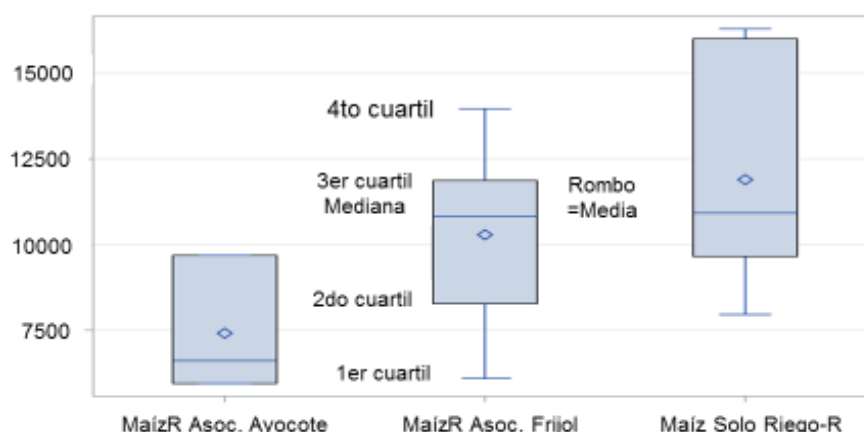


Figura 1. Distribución de rendimientos de maíz (kg/ha) dentro de cada patrón de cultivo.

En cuanto al orden de importancia de las leguminosas evaluadas, el ayocote en cultivo único (semiguía, tipo mata) es el que produce más, siguiéndole el ayocote asociado al maíz, y posteriormente se tiene al frijol de mata que produce menos, tanto en unicultivo como asociado al maíz (policultivo), lo cual está de acuerdo con lo que indican Mendoza y Hernández (2020). Lo que indica que desde el punto de vista productivo el ayocote representa una mejor opción, pero el frijol es mejor desde la perspectiva de demanda de la población al utilizarse como parte de la dieta diaria de las familias campesinas (Figura 2)

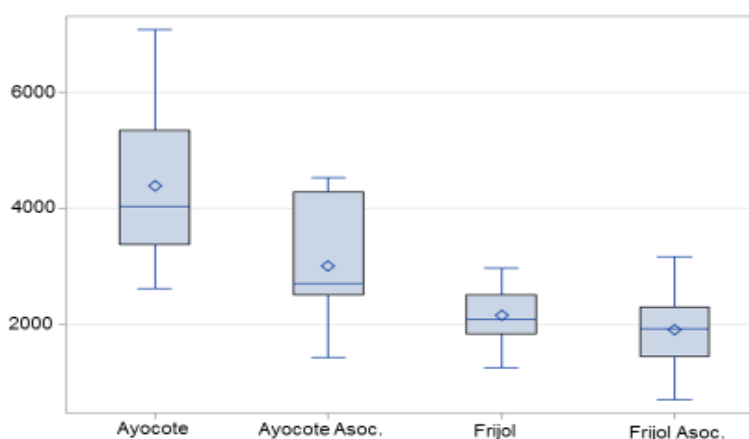


Figura 2. Distribución de rendimientos (kg/ha) de frijol y ayocote en cada patrón de cultivo.

Respecto al desglose de los rendimientos de las tres especies por patrón de cultivo y año (ciclo agrícola), se observó que los mayores rendimientos (con una menor variación) corresponden al maíz de riego en cultivo único establecido en 2015, mientras que el maíz asociado con ayocote de 2017 fue el que rindió menos, con una de las mayores variaciones (Figura 3).

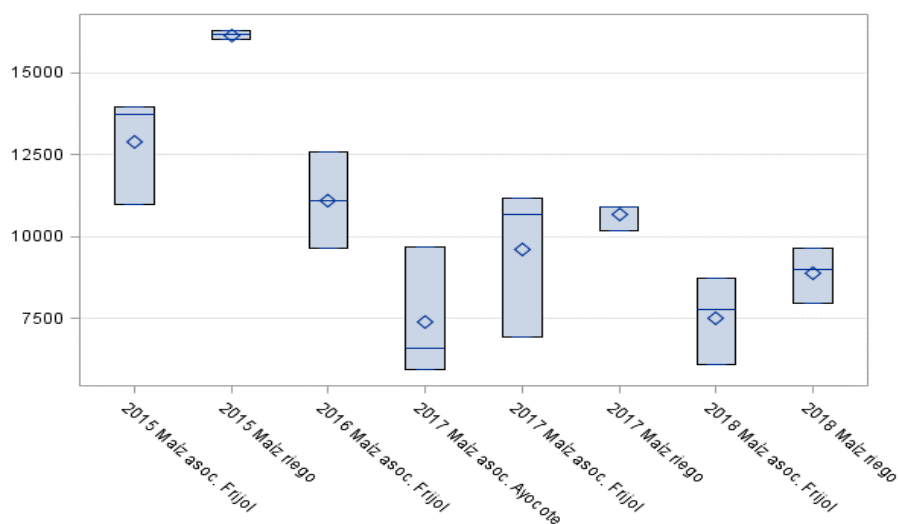


Figura 3. Distribución de rendimientos de maíz (kg/ha) por ciclo agrícola y sistema de cultivo.

En el caso de las leguminosas, la que produce más es el ayocote en 2016, 2017 y 2018, siguiendo en importancia el ayocote asociado al maíz en 2016 y 2017 y el ayocote en cultivo único en 2015. Después se observan los rendimientos del frijol solo y asociado al maíz, que producen menos y en la misma magnitud, aproximadamente (Figura 4).

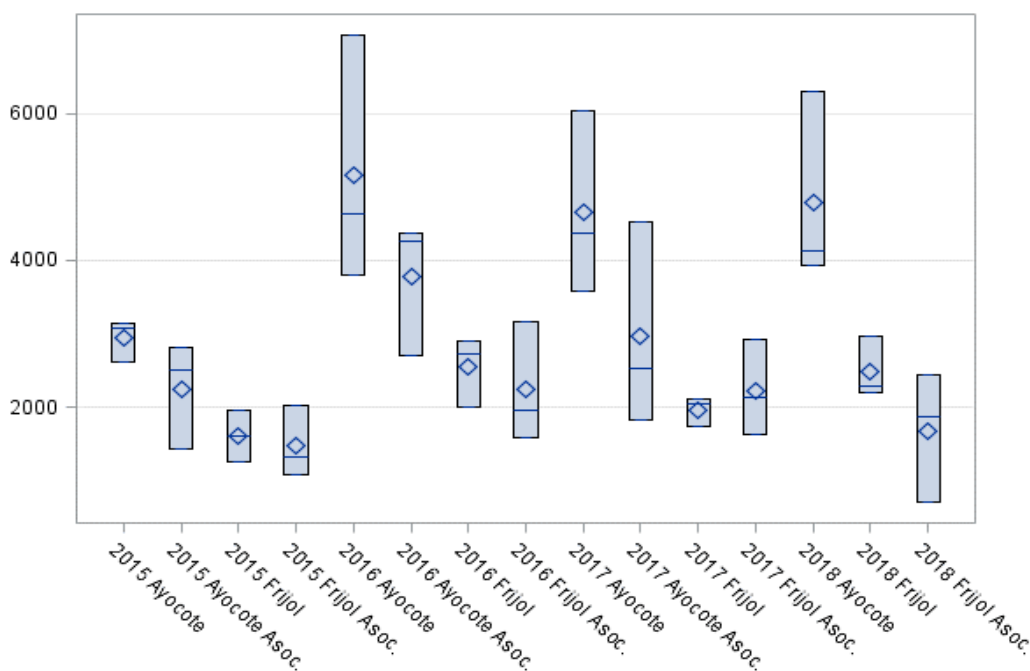


Figura 4. Distribución de rendimientos de frijol y ayocote (kg/ha) por ciclo y sistema de cultivo.

Relación entre los rendimientos y las densidades de población

En el caso de maíz, se presenta una clara tendencia negativa de los rendimientos al pasar de 2015 a 2018, así como, al pasar del cultivo único al de asociado con frijol y con ayocote. Como ya se mencionó, las asociaciones implican que el maíz actúe como soporte del frijol, lo que reduce sus rendimientos, más aún en combinación con el ayocote por su mayor desarrollo vegetativo y productivo. Pero las reducciones en el periodo de estudio (en cada ciclo agrícola) de deben seguramente a deficiencias en el manejo del maíz, asociadas al uso de mezclas y fuentes más baratas de fertilizantes y a posible descuido del productor, que cada vez se ha apoyado más en la familia, lo cual ha repercutido en menores densidades de plantas y, por consiguiente, en rendimientos más bajos (Cuadro 1 y Figura 5).

Por lo que posibles deficiencias nutrimentales asociadas a menores densidades no resultan ser adecuadas para una buena producción, dado que no se tiene información climática para este periodo. En el caso de frijol y ayocote en cultivo único la información indica que los resultados no son consistentes, en el sentido que lo es en maíz, si bien densidades entre 86 y 113 mil plantas/ha de frijol se relacionan con rendimientos menores al promedio, y valores entre 75 y 80 mil plantas/ha con los rendimientos más altos.

Cuadro 1. Relación entre los rendimientos (Rs) anuales de maíz híbrido bajo riego, frijol y ayocote de temporal con la densidad de población (DP) a la cosecha.

Patrones de cultivo		Rendimientos (kg/ha) y densidades (plantas/ha) por año						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	Promedio
Maíz	Rs	16,160	12,573	10,676	8,877			12,072
cult. único	DP	54,540	46,338	40,400	43,700			46,995
Maíz asoc.	Rs	12,899	10,375	9,595	7,530			10,100
con frijol	DP	n/e	41,410	38,400	33,300			37,703
Maíz asoc.	Rs	11,120	9,430	7,399	n/e			9,316
con ayocote	DP	n/e	46,662	37,700	n/e			42,181
Frijol	Rs	1,597	2,727	1,972	2,484	2050	1,083 ¹	2,166
de mata	DP	86,385	75,750	99,300	80,200	112,800	100,000	90,877
Frijol asoc.	Rs	1,473	2,235	2,232	1,684			1,906
con maíz	DP	12,120	8,080	12,100	14,800			11,775
Ayocote	Rs	2,944	5,167	4,662	4,786	3,950	3,011 ¹	4,302
tipo mata	DP	68,175	39,053	52,500	33,700	51,200	55,000	48,926
Ayoc. asoc.	Rs	2,270	3,786	2,960	n/e			3,005
con maíz	DP	12,120	11,447	15,500	n/e			13,022
Frijol en	Rs				6,200	4,420	4,905	5,145
espalderas	DP				32,000	37,819	34,614	34,811
Ayocote en	Rs				(prom.	5,727	6,712	6,219
espalderas	DP				2 obs.)	30,768	30,768	30,800

¹Los rendimientos de frijol y ayocote disminuyeron un 50 y 30%, respectivamente, debido a una granizada y helada ocurridas en la primera semana de octubre, dado que las siembras se realizaron más tarde de lo normal (sequía de junio), por lo que no se incluyen en el promedio.

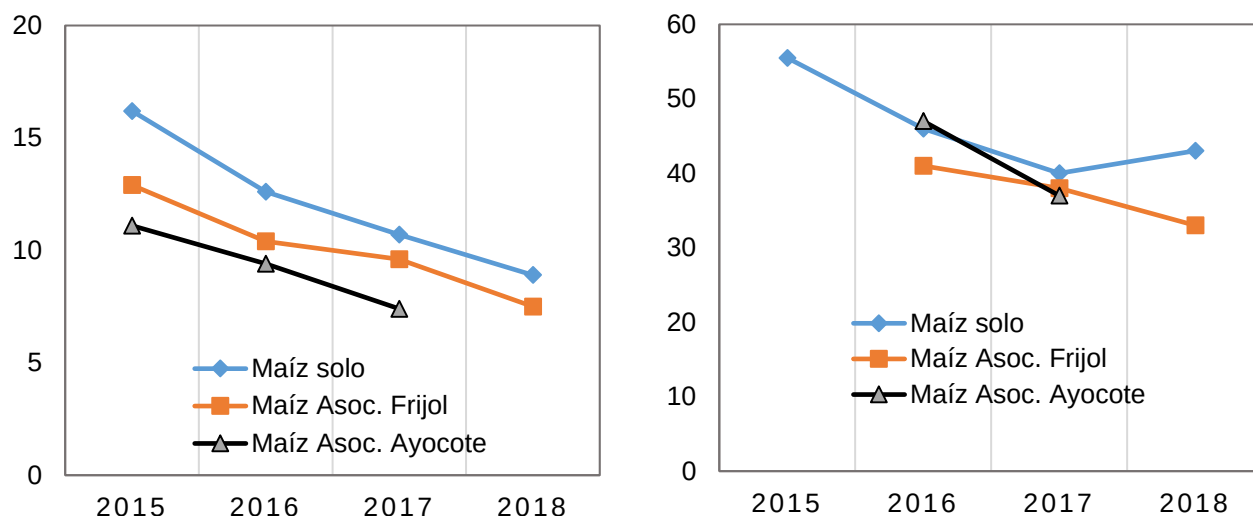


Figura 5. Tendencia de los rendimientos de maíz (ton/ha), izquierda, y las densidades de población de maíz (miles de plantas/ha), derecha.

En ayocote ocurre algo similar, pues por arriba de las 50 mil plantas/ha los rendimientos son en general más bajos que la media, por lo que al parecer valores entre 34 y 52 mil plantas/ha son los más adecuados (rendimientos por arriba del promedio). En ambos cultivos únicos los rendimientos tendieron a reducirse en 2019 y 2020 por excesos de humedad en agosto y octubre de 2019 y sequías en junio y julio de 2020 (Mendoza, 2021), además por una granizada y helada ocurridas a principios de octubre de 2020.

Según el comportamiento del frijol y ayocote asociados al maíz se considera que los promedios de las densidades son los más recomendables, del orden de las 13 mil plantas/ha. Tanto el frijol como ayocote en espalderas (soportes a base de madera, alambre e hilo) son los cultivos más rendidores, sin embargo, no son factibles de establecerse en grandes extensiones, por los materiales (estacas, alambre e hilo) y mano de obra abundante que se requiere, por lo que deben orientarse a superficies pequeñas como las del traspatio de la casa, y también de las parcelas, tendiente a obtener el frijol que se requiere para alimentar a la familia y generar excedentes para el mercado con fines de mejora del ingreso.

Relaciones en cuanto a la eficiencia productiva y económica

A partir de los rendimientos y costos de producción se calcularon los ingresos para cada patrón de cultivo. Se observó que la asociación maíz-frijol enredador, bajo riego, y el frijol trepador en espalderas son los cultivos que producen las mejores relaciones beneficio/costo y las mayores ganancias, del orden de los 60 mil pesos/ha, con la ventaja de la asociación que puede realizarse en forma extensiva, no así el cultivo en espalderas. Le siguen en importancia económica el maíz-ayocote enredador, el ayocote en espalderas y el maíz como cultivo único, por lo cual las eficiencias productivas y económicas más importantes son las de frijol en espalderas (132 y 167% más que el frijol de mata), las de maíz-frijol asociado con 73 y 84% más que el cultivo único de maíz y frijol, siguiendo en importancia el maíz-ayocote asociado y el ayocote en espalderas (Cuadro 2).

Finalmente, el cultivo intercalado de maíz-frijol de mata en franjas alternas de dos surcos, en condiciones de temporal con humedad residual (HR), es el patrón de menor eficiencia (calculada a partir de Mendoza *et al.*, 2004), pero con mayores valores (27 y 31%) que sus cultivos simples, lo que

se asocia con mejores ganancias es comparación con estos (maíz HR solo y frijol solo), lo que se ha demostrado por Mendoza y Hernández (2017) y Mendoza *et al.* (2002).

Cuadro 2. Rendimientos, ingresos netos, relación beneficio/costo, eficiencia productiva y económica de patrones de cultivo de maíz híbrido en riego (R) y humedad residual (HR), frijol y ayocote de temporal.

Patrón de cultivo ¹	Rendim. (ton/ha)		Costos miles\$/ha	Ingreso neto miles de \$/ha	Relac. B/C	Eficiencia, %	
	Maíz	Frijol/Ay				Prod.	Econ.
Maíz R solo	12.1	n/a	18	42.5	3.4	100	100
Maíz HR solo	7.6	n/a	18	23.0	2.3	100	100
Frijol solo	n/a	2.2	10	22.5	3.3	100	100
Ayocote solo	n/a	4.3	10	33.0	4.3	100	100
Maíz R-frijol asociados ¹	10.1	1.9	20 ²	35.5m + 23.5f = 59.0	3.9	173	184
Maíz R-ayocote asociados ¹	9.3	3.0	20 ²	31.5m + 25.0a = 56.5	3.8	147	150
Maíz HR-frijol intercalados ¹	5.7	1.1	15 ²	18.5m + 11.5f 30.0	2.0	127	131
Frijol espalderas	n/a	5.1	16	60.0	4.0	232	267
Ayocote espald.	n/a	6.2	16	46.0	3.3	141	139

Fuente: Adaptado de Mendoza (2021).

¹Los cultivos asociados incluyen variedades de frijol y ayocote de guía larga (enredador) y los intercalados al frijol arbustivo (mata) en franjas alternas de maíz y frijol de dos surcos cada una.

²La relación de costos de producción en las asociaciones fueron en maíz-frijol de 3-1 y en el caso intercalado de 2-1.

CONCLUSIÓN

Las mayores eficiencias productivas y económicas están asociadas a los patrones de frijol en espalderas y la asociación maíz-frijol enredador, con la ventaja de la asociación que puede establecerse en forma más extensiva, seguidos del maíz-ayocote de guía larga, el ayocote en espalderas y el maíz-frijol de mata intercalados en franjas alternas de dos surcos.

LITERATURA CITADA

- CEDRSSA. 2019. Los precios de garantía en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, Cámara de Diputados, LXIII Legislatura. Ciudad de México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- CIMMYT. 1974. El Plan Puebla: Siete años de experiencia: 1967-1973. Análisis de un programa para incrementar la producción de cultivos con pequeños agricultores de subsistencia de una región de temporal en México. El Batán, México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Díaz R., R., y J. Ocampo M. 2016. Tecnologías agrícolas para la producción de cultivos. En: Álvarez G., J.F., L. Aguirre A., J. A. Paredes S., y B. Salcido R. (coords.). Lecciones en agricultura familiar y su contribución a la seguridad alimentaria (pp: 121-137). Puebla, México: Colegio de Postgraduados, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

- GCMA. 2019. Perspectivas agroalimentarias 2019: Cierres 2017, estimaciones 2018 y proyecciones a 2019. Grupo Consultor de Mercados Agrícolas, S.A. de C.V. Ciudad de México. Disponible en: www.gcma.com.mx.
- Mead, R., and R.W. Willey. 1980. The concept of a "land equivalent ratio" and advantages in yield from intercropping. *Expl. Agric.*, 16, 217-228.
- Mendoza R., R. 2021. Recomendaciones técnicas y resultados en los sistemas de cultivo de maíz, frijol y ayocote en la microrregión Huejotzingo. Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Mendoza R., R., A. Gil M., y A. Ruiz B. 2018. Delimitación geográfica y características físico-biológicas y ambientales de la MAP Huejotzingo. En: Mendoza R., R. (coord.). Microrregión de atención prioritaria (MAP) Huejotzingo: Diagnóstico, propuesta de intervención y avances en la operación (pp: 14-51). Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Mendoza R., R., E. Hernández R., J.I. Cortés F., A. Turrent F., L.A. Lerma V., y E. Aceves R. 2002. Tecnologías sobre fertilización, densidad de población y variedades de maíz a escala comercial. *Terra Latinoamericana*, 20(4), 485-495.
- Mendoza R., R., E. Hernández R., J.I. Cortés F., y A. Turrent F. 2004. Eficiencia productiva del sistema durazno intercalado con maíz y frijol en el valle de Puebla. Trabajo presentado en el II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible 2003. Monterrey: Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Mendoza R., R., y E. Hernández R. 2017. Sistema de producción milpa intercalada en árboles frutales (MIAF-durazno): Desarrollo tecnológico. Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Conciencia Gráfica, S.A. de C.V.
- Mendoza R., R., y E. Hernández R. 2018. Productividad de la agricultura familiar en Chiautzingo, Puebla: estudio de caso. *Agro Productividad*, 11 (9), 111-117.
- Mendoza R., R.; y E. Hernández R. 2020. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineus* L.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México. *Agro Productividad*, 13 (5), 3-10. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1427>.
- Turrent F., A. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Puebla: Colegio de Postgraduados, CEICADAR, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

ANÁLISIS DE LA BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA EN PARCELAS DE UNA COMUNIDAD DE LA MICRORREGIÓN HUEJOTZINGO EN PUEBLA

Ricardo Mendoza-Robles¹

¹Campus Puebla del Colegio de Postgraduados
rimero52@hotmail.com

RESUMEN

En el marco de la agricultura y fruticultura familiar campesina, el objetivo de este trabajo es analizar y valorar el grado de biodiversidad e intensidad agrícola en parcelas de pequeños productores de una comunidad. Se registró en cuatro parcelas información sobre la superficie, especies y variedades de patrones de cultivos anuales y forrajeros que se intercalaron cada ciclo agrícola, entre hileras de árboles frutales. Los resultados indican que la superficie establecida por dos productores en parcelas contiguas es muy variable cada año para cada cultivo (fluctuaciones desde 1000 a 7000 m² aproximadamente): el promedio anual de maíz es de 4200 m², frijol 2900 m², ayocote 3600 m², amaranto 4800 m², chile 2500 m², entre otros cultivos. Cuando la superficie de maíz aumenta la del resto de cultivos disminuye y viceversa, lo que indica que se realizan rotaciones anuales de cultivos bastante apropiadas (sobre todo de maíz-leguminosas), a la vez que es factible que estos productores siembren cada ciclo todas esas especies y otras más, de acuerdo con los objetivos, posibilidades económicas y mano de obra con que cuentan ambas familias. El mejor productor cultiva cada año en promedio siete especies de frutales, ocho especies anuales y 30 variedades en total (una tercera parte de frutales). Se concluye que el grado de biodiversidad agrícola de los productores en el área de estudio es alto (especies y variedades en producción comercial), que el mejor productor duplica al resto en el número de variedades, y más aún, a los productores de un estudio comparativo utilizado, tanto en especies como variedades.

Palabras clave: frutales, cultivos anuales, rotación de cultivos

INTRODUCCIÓN

La generación de tecnología más allá de los cultivos simples de maíz y frijol, que son la base de la dieta familiar de las comunidades rurales, se remonta a la década de los años 70, consistente en el estudio de la asociación maíz-frijol de guía (Turrent, 1979), mientras que en los 80, el trabajo se orienta a los componentes del sistema agropecuario (cultivos anuales, frutales, ganadería) y forestal de la unidad de producción familiar (Turrent *et al.*, 1994). A partir de los 90 y hasta la fecha se genera conocimiento sobre manejo conjunto y adecuado en el sistema agrícola Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) (Cortés *et al.*, 2004; Mendoza y Hernández, 2017). Esto con el fin de incrementar la eficiencia productiva para: 1) contribuir a la seguridad alimentaria de la familia y la población (inclusión de granos básicos como maíz, frijol, milpa), 2) coadyuvar al incremento del ingreso familiar (proveniente de los árboles frutales), y 3) mitigar el efecto negativo de factores ambientales (erosión del suelo, emisiones de carbono, factores climáticos, etc.). Sin embargo, aun cuando el sistema agrícola MIAF aporta bastante, esto no es suficiente en el sentido que aborda un reducido número de especies, por lo que partiendo del ejemplo de los productores que emplean o manejan un número superior de especies y variedades en la misma parcela cada ciclo agrícola (Escobedo, 2006, reporta 65 especies de cultivo en la zona), se plantea la idea de que es posible intensificar más el uso de la tierra, lo que puede conceptualizarse o ubicarse en un enfoque amplio de agricultura y fruticultura familiar. Esto se refiere a la modalidad de la producción agrícola, forestal, pesquera, pastoril y acuícola gestionada y operada por una familia en

su conjunto, incluidos a hombres y mujeres (FAO, 2014), donde predomina el trabajo y administración familiar y unidades de producción pequeñas vinculadas a la familia.

El objetivo de este trabajo es analizar y valorar el grado de biodiversidad agrícola que se está dando en parcelas comerciales de productores, y la superficie que se está manejando en cada patrón de cultivo, para dar a conocer experiencias importantes que se tienen y que pueden ser tomadas en cuenta en los procesos productivos locales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con cuatro productores de la comunidad de San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, la cual se ubica en la microrregión Huejotzingo, que corresponde a la vertiente oriente de la Sierra Nevada, en terrenos con acceso a agua para riego durante el periodo de 2015-2021. El trabajo consistió en el registro de información sobre la superficie de cultivos y patrones de cultivos que se establecieron anualmente, en forma intercalada, entre hileras de árboles frutales incluyendo las variedades que se fueron utilizando en ambos tipos de cultivo: anuales y perennes.

Además de esto, el estudio incluyó en una parcela la evaluación de los rendimientos comerciales (mediante muestreo) y el análisis de las principales especies anuales como maíz híbrido y criollo, frijol y ayocote nativos, en sistema simple y asociado (Mendoza y Hernández, 2020), por lo que, tanto en estas como el resto de las especies (chile, amaranto, calabaza, alfalfa y haba) se realiza el análisis de biodiversidad. El maíz-frijol y maíz-ayocote asociados, al igual que el chile, alfalfa y haba, se pusieron en condiciones de riego, mientras que los cultivos simples de frijol, ayocote y calabaza bajo temporal; también se ha venido estimando la producción de variedades mejoradas de durazno, manzano y chabacano (Mendoza y Hernández, 2018).

El análisis de la biodiversidad agrícola se realiza dentro y entre parcelas, y en dos de ellas, comparando la superficie y variedades que se establecieron con cada especie anual a través del tiempo (análisis de tendencias), incluyendo las rotaciones anuales de cultivo que utilizan los productores; en tanto que los frutales se analizan en forma global, principalmente porque permanecen fijos en el sitio de las parcelas que se ponen los árboles. También se realiza un análisis y valoración que incluye a los frutales, cultivos anuales y la suma de estos, para determinar el nivel de diversidad total de cada parcela, y entre productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficie establecida con patrones de cultivos anuales y forrajeros

La superficie sembrada con cada patrón de cultivo es muy variable de un ciclo agrícola a otro (Cuadro 1). En el caso de frijol y ayocote (leguminosas) el área mínima es muy baja, pero siempre presentes, por la necesidad que representan para el consumo de proteínas por la familia. La misma tendencia se ve en chile y amaranto, si bien estos cultivos se posicionan aún mejor, con mayores cantidades mínimas y máximas, lo que indica la importancia económica de estas dos especies. En cambio, en maíz, tanto híbrido como criollo, existen años en que no se siembran porque el precio del producto (más bajo que en las otras especies) y los costos de producción (mayores), desestimulan a los productores para su inclusión en forma continua. La proporción promedio de maíz criollo/maíz híbrido resulta ser de 1.9 (prácticamente el doble), lo que indica que los materiales criollos siguen prevaleciendo frente a los híbridos, por las preferencias para el consumo familiar y la mayor inversión en semilla que se requiere

realizar todos los años en el caso de los híbridos, de ahí su menor superficie frente a las demás especies.

Cuadro 1. Superficie anual establecida de 2015-2021 con frutales y cultivos anuales, simples y compuestos (terrenos de los productores 1 y 2).

Cultivos y sistemas de cultivos anuales	Superficie (m ²)			%	% integr.
	Mín.	Máx.	Promedio		
Maíz híbrido asociado con frijol de guía	0	1,700	1,067	5.6	22.8
Maíz híbrido asociado con ayocote guía	0	1,200	417	2.2	
Maíz criollo asociado con calabaza	0	2,700	733	3.9	
Maíz criollo simple y cacahuacintle	0	6,200	2,108	11.1	34.2
Frijol en cultivo simple (mata)	120	6,000	2,762	14.6	
Ayocote en cultivo simple (semiguía)	270	7,500	3,612	19.1	
Frijol y ayocote en espalderas (soportes)	0	500	108	0.6	43.0
Chile poblano (ancho) en cultivo simple	800	5,400	2,486	13.1	
Amaranto (flores verdes y rojas)	2400	6,700	4,858	25.6	
Calabaza redonda en cultivo simple/intercalado	0	1,800	543	2.9	100
Alfalfa para consumo en fresco	0	500	250	1.3	
Total de cultivos anuales	n/a	n/a	18,950	100	
Superficie ocupada con hileras de frutales	n/a	n/a	5,050	21.0	n/a
Superficie total de los dos terrenos	n/a	n/a	24,000	100	
Total-promedio de maíz híbrido asociado	0	2,300	1,484	7.8	22.8
Total-promedio de maíz criollo solo y asoc.	0	6,200	2,841	15.0	

Los rendimientos promedio para los cultivos simples de maíz híbrido en riego, frijol y ayocote bajo temporal son de 12.1, 2.2 y 4.3 ton/ha, respectivamente, el frijol y ayocote en espalderas rinden el equivalente a 5.1 y 6.2 ton/ha; para maíz híbrido en riego asociado con frijol y ayocote guía son de 10.1 y 9.3 ton/ha, más 1.9 ton/ha de frijol y 3.0 ton/ha de ayocote; el maíz híbrido y criollo sobresaliente en temporal con humedad residual rinden 7.6 y 5.5 ton/ha, respectivamente (Mendoza, 2021). Para el resto de cultivos no se cuenta con estimaciones precisas. Las mayores eficiencias productivas y económicas y las mejores relaciones beneficio/costo corresponden a las asociaciones de maíz con frijol y ayocote y al frijol en espalderas. Pero como el maíz es también de suma importancia en la dieta de las familias, como soporte del frijol y ayocote de guía, en el caso de estas asociaciones, y porque se requiere para las rotaciones anuales de gramíneas-leguminosas para el sostenimiento de la producción de frijol y ayocote, resulta que el maíz es indispensable en el proceso productivo y alimentario familiar. Por las razones anteriores, el maíz y sus asociaciones se establecen en una superficie del 23% (precios bajos al productor, 5 \$/kg), el ayocote y frijol en el 34% (por mejores precios, 10 y 15 \$/kg) y el chile y amaranto en el 39% (mejores opciones económicas), si bien, las tres alternativas son importantes por los comentarios vertidos. La tendencia con respecto al establecimiento de siembras comerciales de maíz, ha sido con fuertes fluctuaciones cada año, en una relación inversa con el frijol, ayocote, amaranto y chile. Esto indica, que la superficie de maíz se incrementa un ciclo para que cumpla su función en la rotación anual con dichas especies, y al siguiente ciclo, disminuye el área de maíz y aumenta la superficie de los otros cultivos.

Biodiversidad de especies y variedades de frutales y cultivos anuales

Este aspecto se estudió en las dos primeras parcelas, que están contiguas (Cuadro 2), donde se observa que principalmente con fines comerciales se han establecido ocho especies de frutales y otro

número igual de especies de cultivos anuales y forrajeros, que se intercalan cada ciclo agrícola entre las hileras de árboles. Se presenta una lista de variedades de frutales y cultivos anuales, así como, el número de ellas en cada ciclo de cultivo, indicando una mayor cantidad en durazno, manzano y peral, al igual que en frijol, ayocote y maíz. El promedio anual de variedades disponibles de 2015 a 2021 en frutales es de 13, mientras que el promedio de variedades que se han intercalado cada año es de 15, y un total de 28, incluyendo cultivos anuales y frutales. Esto indica una agrobiodiversidad muy alta, dado que en la microrregión la cantidad de especies y variedades que se ponen en la misma parcela y ciclo agrícola es bastante menor (Mendoza *et al.*, 2011), porque generalmente se establecen pocas especies y una variedad por especie, si bien, en la modalidad extra parcela, la biodiversidad se incrementa, como también lo hacen los productores de esta parcela, quienes disponen de otros predios agrícolas (propios o en renta), dado que el primer productor de 2016 a 2019 sembró de 0.5 a 1.0 ha de amaranto y en 2020 y 2021 estableció 4.0 ha de esta misma especie.

Cuadro 2. Concentrado de especies y variedades establecidas en dos parcelas (productores 1 y 2) principalmente con fines comerciales de 2015 a 2021.

Especies	Nombre de las variedades	Número de variedades por año							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Prom.
Árboles frutales									
1. Manzano	Gala Buckey, Royal Gala, Agua Nueva, Panochera	1	3	3	4	3	3	3	2.9
2. Durazno	Diamante, Oro Azteca Mejor., Criollo, Bonita	3	3	3	3	3	4	4	3.3
3. Chabacano	Rosana (selecc. CP)	1	1	1	1	1	1	1	1.0
4. Peral	Kieffer (piña), Criollo, Mejorado	2	2	2	3	3	3	3	2.6
5. Higo	Criollo de la región	0	1	1	1	1	1	1	0.9
6. Tejocote	Grande (fruto)	1	1	1	1	1	1	1	1.0
7. Vid, industria	Evaluación de 5 var.	1	1	1	1	1	1	1	1.0
8. Frambuesa	Negra	0	0	0	0	0	0	1	0.2
9. Otras especies	Varias en una hilera	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	8 especies frutales	9	12	12	14	13	14	15	12.7
Cultivos anuales y forrajeros									
1. Maíz	Niebla®, HS-2®, Pozole-ro,Criollos, Cacahuacintle	2	3	3	3	0	3	5	2.7
2. Frijol común	Mata: Pinto, Negro. Guía: Mantequilla, Amarillo, Negro, Moteado, Colores	4	5	4	3	4	5	4	4.1
3. Ayocote	Mata: Morado. Guía: Colores, Negro, Café	3	3	3	3	3	3	2	2.9
4. Chile	Ancho (pob.), Guajillo	2	1	1	2	1	3	1	1.6
5. Amaranto	Laura-verde, Nutrisol-roja	2	2	1	1	1	2	1	1.4
6. Calabaza	Redonda, Calabacita	1	1	1	0	1	2	1	1.0
7. Alfalfa	Atlixqueña de la región	0	0	1	1	1	1	1	0.7
8. Haba	Amarilla Grande	0	0	0	0	0	0	2	0.3
Subtotal	8 especies anuales	14	15	14	13	11	19	17	14.7
Total	16 especies totales	23	27	26	27	24	33	32	27.4

Los resultados del análisis indican que sobre el grado de biodiversidad del componente de especies, el productor 1 (parcela de referencia por ser la mejor) supera a los demás casos, en tanto que en el número de variedades el mismo productor rebasa al resto en cerca del 100%, inclusive al de un estudio anterior comparativo que involucra a nueve productores (Mendoza *et al.*, 2011); en este estudio, el

promedio indica que cada productor es superado por el productor 1 reciente, 10 veces en el número de especies y 20 veces en el de variedades. En otro cotejo realizado, se encontró que el productor 1 estableció 2.5 veces más especies y 5.0 veces más variedades en comparación con el 8% de siembras del estudio indicado, que fueron realizadas con seis especies (valor máximo), y como es lógico, mayor aún que aquellas parcelas que incluyen cuatro a cinco especies (25%), tres especies (36%) y una a dos (31%).

Rotaciones anuales de cultivos intercalados entre las hileras de árboles frutales

De acuerdo con el principio de la agricultura clásica de rotación de cultivos gramíneas-leguminosas, en el área de estudio el maíz después de frijol rinde 43% más que el maíz después de maíz (monocultivo de maíz) (Mendoza y Hernández, 2017), y algo similar ocurre con el frijol. En la Figura 1 (cuchilla norte) se observa que en el periodo de 2015-2021 la rotación de cultivos utilizada por el productor 2 fue muy buena: ayocote-maíz-frijol-maíz-ayocote-maíz-maíz, al igual que en la porción norte-poniente, que fue: chile-maíz-frijol-maíz-ayocote-maíz-chile, mientras que en las áreas norte centro y norte oriente, las rotaciones no son tan buenas dado que hay una rotación de especies que incluyen al chile, amaranto y ayocote, principalmente.

Área terreno vecino	Calabaza-frijol-ayocote- MaízFr-amaranto-maíz- maíz (2015-2016-2017- 2018-2019-2020-2021)	Camino (2015-2021) Ayocote-maíz-frijol-maíz-ayocote-maíz-maíz	➡ N
Área poniente: chabacano, peral, vid, durazno (mejorados), higo, otras 2015: MaízN-frijol guía y maíz-ayocote guía 2016: Ayocote de mata 2017: MaízN-frijol guía y maíz-ayocote guía 2018: Ayocote de mata y chile poblano 2019: Frijol en espalderas-mata y chile 2020: Chile poblano y maíz-frijol guía 2021: MaízHS2 ¹ -frijol guía y amaranto-frijol		Área poniente: tejocote, peral Kieffer, durazno criollo 2015: Chile poblano 2016: Maíz criollo-frijol de guía 2017: Frijol de mata 2018: Maíz criollo y chile poblano 2019: Ayocote de mata 2020: Maíz criollo (azul) 2021: Chile y frijol de mata	
Área centro: manzanos Gala1-Agua Nueva 2015: Amaranto con flor roja y verde 2016: MaízN-frijol guía y maíz-ayocote guía 2017: Ayocote de mata (más rústico) 2018: Frijol de mata 2019: Ayocote mata, frijol espalderas-mata 2020: MaízHS2 ¹ -frijol guía y amaranto 2021: Ayocote, maíz pozolero y amaranto-frijol		Área centro: perales criollos, durazno mejor. 2015: Chile poblano 2016: Ayocote y frijol de mata 2017: Maíz criollo-calabaza 2018: Amaranto verde-Laura 2019: Ayocote de mata 2020: Chile y amaranto 2021: Frijol de mata y chile	
Área oriente: manzanos Gala2-Agua Nueva 2015: Amaranto (evaluación variedades) 2016: Chile poblano-frijol mata 2017: Maíz cacahuacintle 2018: MaízN-frijol guía y ayocote de mata 2019: Ayocote y frijol de mata 2020: Maíz criollo (blanco) 2021: Maíz criollo (blanco y azul)		Área oriente: sin hileras de árboles 2015: Chile-frijol de mata 2016: Amaranto verde y rojo-Nutrisol 2017: Amaranto con flor verde 2018: Ayocote de mata 2019: Amaranto con flor verde 2020: Amaranto verde-Laura 2021: Ayocote tipo mata	

¹ Maíz HS-2® (híbrido del Colegio de Postgraduados), MaízN = Niebla® (híbrido comercial).

Figura 1. Esquema de rotaciones de patrones de cultivos anuales intercalados en frutales (2015-2021) por secciones, terrenos de los productores 1 (sur) y 2 (norte).

La parte oriente corresponde prácticamente al cultivo de amaranto, por lo que, al parecer esta especie se comporta bien en monocultivo; si esta condición no afecta al amaranto, ni tampoco a la rotación ayocote-chile, entonces, las rotaciones de las partes oriente y central podrían considerarse normales. Las tres partes de la porción sur (productor 1) han estado mejor atendidas, con un adecuado manejo técnico y productivo de las especies perennes y anuales; inclusive, se han establecido con variedades mejoradas de chabacano, manzano, peral y durazno e híbridos de maíz, en donde las rotaciones de cultivos anuales se consideran aceptables.

En la parcela del productor 3 (Figuras 2) se han establecido cuatro variedades de durazno, tres de manzana, una de pera, dos de tejocote y una prueba de materiales de chabacano. El durazno y manzano se han establecido en cultivo simple (hileras de 4.5-5.0 m), aun así, se han venido intercalando con especies de porte bajo (3 a 4 surcos), en rotaciones que incluyen un descanso del terreno, luego chile y dos años de frijol, seguidos de otros dos de descanso (primer bloque, entrada del terreno).

	Camino			(Cultivos de 2015-2016-2017-2018-2019-2020)	N
E n t r a d a y c a n a l	0	Lindero	(sin siembra - calabaza - frijol - frijol - sin siembra - sin siembra)	110 m largo	
	4.0 m	Durazno Diamante Mejorado	(sin siembra-chile - frijol - frijol-sin siembra-sin siembra)		
	4.8	Durazno Diamante Mejorado	(sin siembra-chile - frijol - frijol-sin siembra-sin siembra)		
	4.5	Durazno Diamante Mejorado	(sin siembra-chile - frijol - frijol-sin siembra-sin siembra)		
	4.5	Durazno Oro Azteca	(sin siembra-chile - frijol - frijol-sin siembra-sin siembra)		
	4.2	Durazno Oro Azteca	(sin siembra-chile - frijol - frijol-sin siembra-sin siembra)		
	5.0	Chabacano (variedades)	(frijol-calabaza-sin siembra-sin siembra-alfalfa-alfalfa)		
	6.0	Durazno Oro Azteca	(frijol - calabaza - frijol - frijol - frijol - frijol)		
	5.0	Durazno Oro Azteca	(frijol - chile - ayocote - frijol - frijol - frijol)		
	5.0	Durazno Diamante Supremo	(frijol - chile - ayocote - frijol - frijol - frijol)		
	5.0	Durazno Diam. Sup.-Durazno Bonita	(frijol - chile - ayocote - frijol - frijol - frijol)		
	5.0	Durazno Diam. Sup.-Durazno Bonita	(frijol - chile - ayocote - frijol - frijol - frijol)		
	5.0	Tejocote Grande	(frijol - chile - calabaza - ayocote - chile - ayocote)		
	5.5	Manzana Agua Nueva-II	(frijol - chile - calabaza - ayocote - chile - ayocote)		
	5.5	Tejocote Grande	(haba - ayocote - calabaza - ayocote - chile - ayocote)		
	10.0	Tejocote Grande	(haba-frijol-calabaza-calabaza/avena-chile-ayocote)		
	10.5	Tejocote-Manz. Agua Nueva-II	(chile-maíz-ayocote-calabaza/avena-chile-ayocote)		
	11.0	Peral Kieffer (pera piña)	(chile - maíz - frijol - ayocote - frijol - ayocote)		
	5.3	Manz. Agua Nueva/Gala (reinjertada)	(chile - maíz - frijol - ayocote - frijol - ayocote)		
	5.0	Manz. Agua Nueva/Golden (reinjert.)	(chile - maíz - frijol - ayocote - frijol - ayocote)		
	4.0	Lindero	(final del terreno, que colinda con terreno vecino)		

Figura 2. Croquis sobre distribución de hileras de frutales y de especies anuales en el terreno del productor 3 de 2015-2020.

La siguiente parte incluye para el periodo 2015-2020 al frijol-chile-ayocote-frijol-frijol-frijol (esto último de poner frijol tres años consecutivos no es recomendable), posteriormente, en los otros dos bloques (hileras de 10 m que se han venido estableciendo con manzano mejorado) se dan varias rotaciones que incluyen al frijol, chile, calabaza, ayocote y haba, e inclusive al maíz que es de porte alto. En el caso de la cuarta parcela (Figura 3), que incluye principalmente materiales de chabacano y también de durazno, ciruelo y pera, el cultivo intercalado que predomina es la alfalfa, sin embargo, se han realizado rotaciones en todas las secciones del terreno utilizando avena, calabaza, ebo (veza), haba, flor de

cepasúchil, gladiola, cilantro, inclusive algo de maíz y frijol, incluyendo a la misma alfalfa. Por lo que los tipos de rotaciones de las últimas dos parcelas, de acuerdo con las prácticas productivas de los agricultores, a base de cultivos de porte bajo, resultan difíciles de analizarse de acuerdo con los criterios convencionales de la agricultura clásica: rotaciones anuales de gramíneas-leguminosas (Ocampo y Cruz, 2016), en nuestro caso de maíz y frijol.

Hileras norte-sur			(Cultivos de 2016-2017-2018-2019-2020)	➡ N
E n t r a d a o r i e n t e ↑	0	Lindero	(avena - calabaza - ebo - 3 surcos maíz - alfalfa)	
	5.0 m	Chabacano	(avena - calabaza - ebo - 4 sur cempasúchil - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(avena - calabaza - ebo - 4 sur cempasúchil - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(avena - calabaza - ebo - semillero de flor - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(calabaza - haba - gladiola - alfalfa - alfalfa)	
	9.0	Peras chicas	(calabaza - haba - gladiola - alfalfa - alfalfa)	
	8.0	Peras chicas	(calabaza - haba - gladiola - alfalfa - alfalfa)	
	9.0	Chabacano	(alfalfa - alfalfa - avena - 4 sur cempasúchil - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(alfalfa - alfalfa - avena - 4 sur cempasúchil - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(alfalfa - alfalfa - avena - 3 sur cempasúchil - alfalfa)	
	5.0	Chabacano	(cilantro-haba-gladiola-9 sur cempasúchil-10 sur maíz)	
	10.0	Peras chicas	(cilantro - haba - gladiola - avena/ebo - 3 surcos maíz)	
	10.0	Peras chicas	(arvejon-frijol-gladiola-9 sur cempasúchil-sin siembra)	
	10.0	Chabacano	(arvejon - frijol negro - gladiola - ebo - sin siembra)	
	10.0	Chabacano-Durazno	(no se tomó información - alfalfa 2020)	
	10.0	Ciruelo (2 hil.) y Durazno (5 hil.)	(no se tomó información - alfalfa 2020)	

Figura 3. Croquis sobre distribución de hileras de frutales y de especies de cultivos anuales en el terreno del productor 4 de 2016-2020.

CONCLUSIONES

La tendencia en la superficie de siembra comercial establecida con maíz y sus asociaciones, indica fuertes fluctuaciones en cada ciclo agrícola, en relación inversa con las siembras de frijol, ayocote y amaranto, lo cual resulta positivo para las rotaciones anuales de maíz-leguminosas que se requieren. En el caso de chile la tendencia a la baja se debe a la muerte de plantas por enfermedades de la raíz (infestación del suelo) y no a falta de interés por los productores.

El número de especies perennes y anuales que manejaron los dos primeros productores de 2015-2021, fue igual (8), con mayor cantidad de variedades en durazno, peral, frijol, ayocote y maíz, que en promedio en frutales fueron de 13 y en cultivos intercalados (anuales) de 15 (en total 28).

En el caso de siembras de frijol y ayocote, al igual que de chile, se observa que los productores conocen la importancia de su rotación anual con maíz, o bien dos años de frijol o ayocote por uno de maíz, y solo en los casos necesarios (amplitud reducida de las hileras de árboles) ponen estas especies de porte bajo más de dos ciclos agrícolas en el mismo sitio. Pero no se sabe bien sobre las rotaciones anuales que deben emplearse entre amaranto y maíz o entre amaranto y leguminosas, si bien estas últimas son comunes en las parcelas estudiadas.

La valoración realizada indica que el mejor productor establece cada año un mayor número de especies y variedades tanto de frutales como cultivos anuales, y es más consistente en el manejo técnico que se proporciona en cada ciclo agrícola a todos los cultivos, por lo que duplica la biodiversidad del resto de productores y es 20 veces superior que la de un estudio previo.

LITERATURA CITADA

- Cortés F., J. I., R. Mendoza R., E. Hernández R., E. Aceves R., A. Turrent F., y N. Estrella Ch. 2004. Manual para técnicos: El sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) en terrenos planos. Puebla: Colegio de Postgraduados, INIFAP, CONACYT.
- Escobedo C., F. 2006. La pequeña irrigación en el estado de Puebla. Rasgos de su estructura y funcionamiento. En: Ocampo F.I., F. Escobedo C., y B. Ramírez V. (coords.). El agua: recurso en crisis (pp: 95-114). Puebla: Fundación Produce Puebla A.C. y Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- FAO. 2014. ¿Qué es la agricultura familiar? 11 junio 2021, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/family-farming-decade/about/es/>.
- Mendoza R., R. 2021. Recomendaciones técnicas y resultados en los sistemas de cultivo de maíz, frijol y ayocote en la Microrregión Huejotzingo. Puebla, México: Campus Puebla del Colegio de Postgraduados.
- Mendoza R., R., E. Hernández R., J.I. Cortés F., A. Turrent F., y F. Parra I. 2011. Apropiación de tecnología en el sistema de producción de maíz y frijol intercalados en durazno. En: Díaz R.R., F. Álvarez G., y A. Huerta de la P. (coords.). Desarrollo de la agricultura sostenible: alternativas tecnológicas y enfoques sociales (pp: 221-235). Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla y Altres Costa-Amic Editores.
- Mendoza R., R., y E. Hernández R. 2017. Sistema de producción Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF)-Durazno: Desarrollo tecnológico. Puebla: Conciencia Gráfica S.A. de C.V. y Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Mendoza R., R., y E. Hernández R. 2018. Productividad de la agricultura familiar en Chiautzingo, Puebla: estudio de caso. Agroproductividad, 11(9), 111-117.
- Mendoza R., R., y E. Hernández R. 2020. El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y ayocote (*Phaseolus coccineus* L.): Opciones productivas para los pequeños agricultores de la microrregión Los Volcanes en Puebla, México. Agroproductividad, 13(5), 3-10.
- Ocampo M., J., y J. Cruz H. 2016. Técnicas agroecológicas para el manejo del suelo. En: Álvarez G., J.F., L. Aguirre A., J. A. Paredes S., y B. Salcido R. (coords.). Lecciones en agricultura familiar y su contribución a la seguridad alimentaria (pp: 121-137). Puebla, México: Colegio de Postgraduados, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Turrent F., A. 1979. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Puebla: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y CEICADAR-Colegio de Postgraduados.
- Turrent F., A., J.I. Cortés F., R. Mendoza R., J.L. Alonso A., J. Díaz A., C. Bárcenas S., E. Inzunza I., y N. Estrella C. 1994. Desarrollo de un prototipo de explotación agropecuaria familiar para el Distrito de Desarrollo Rural de Cholula-Plan Puebla. Montecillo, México: Colegio de Postgraduados.

OPTIMIZACIÓN DE UN MEDIO DE CULTIVO PARA LA VITROPROPAGACIÓN DE *Vanilla planifolia*

Delfino Reyes-López¹
Mitzi Tiare Arenas-Santos¹
Carmela Hernández-Domínguez¹
Luis Antonio-Domínguez¹
Fabiel Vázquez-Cruz¹
Carlos R. Castillo-Martínez²
Fermín Pascual-Ramírez³
Fernando López-Morales⁴

¹Facultad en Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales

³Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Universidad Nacional Autónoma de México

⁴Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), *Eco Campus* Valsequillo
delfino.reyes@correo.buap.mx

RESUMEN

La reproducción *in vitro* se utiliza de manera exitosa para la conservación *ex situ* de especies, así como la reproducción y mejoramiento genético de diversos cultivos. Sin embargo, los medios de cultivo utilizados varían según la especie o variedad usada y uno de los problemas más comunes para la reproducción *in vitro* en vainilla es la contaminación y oxidación tanto del medio de cultivo como de los explantes utilizados, esto debido a que la vainilla está asociado con diversos hongos endófitos para su desarrollo en campo, lo que hace difícil el proceso de desinfección de los explantes. Con el objetivo de desarrollar un protocolo de preparación de medio de cultivo (MS) libre de contaminación y la desinfección de explantes provenientes de campo de *Vanilla planifolia* G. Jakson, se llevaron a cabo seis siembras en diferentes medios de cultivos con concentraciones del 100, 70, 40 y 10% de Murashige y Skoog (MS) así como la adición de agua de coco. Los procesos de desinfección consistieron en probar diferentes concentraciones y tiempos de exposición al cloro, bicloruro de mercurio y alcohol. Los resultados indicaron que el tratamiento al 40% de MS retardo por más tiempo la aparición de hongos contaminantes en el medio de cultivo y el agua de coco al incluirse en los medios de cultivo presentaron efectos positivos ($p \leq 0.05$), influyendo principalmente en la formación de raíces. Así mismo, se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) al reducir la concentración de cloro al 0.25% y un tiempo de exposición de 5 segundos, el bicloruro de mercurio ($HgCl_2$) en una concentración del 0.025% por 10 segundos y el alcohol a un periodo de inmersión de 5 segundos con una concentración al 50%.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, desinfección, micropropagación, conservación

INTRODUCCIÓN

Según Gamboa-Gaitán (2014), la vainilla es una planta aromática que posee la particularidad de ser la única especie comestible de la familia *Orchidaceae*. El género *Vanilla* comprende más de 110 especies que se desarrollan en las áreas tropicales del mundo. De las 15 especies de vainillas mesoamericanas, únicamente diez especies se encuentran en México, todas ellas cercanamente emparentadas: *Vanilla cribbiana*, *Vanilla hartii*, *Vanilla helleri*, *Vanilla inodora*, *Vanilla insignis*, *Vanilla perplexa*, *Vanilla odorata*, *Vanilla phaeantha*, *Vanilla pompona* y *Vanilla planifolia* (Soto, 1989).

La vainilla, al igual que muchos otros recursos naturales de México, es sobreexplotada y subutilizada, por lo cual, las poblaciones silvestres han sido diezmadas con la colecta excesiva para el establecimiento de plantaciones hasta el punto de que la especie está en severo peligro de extinción (Soto, 2006). En este sentido, *Vanilla planifolia* es la única de su género en estar catalogada como en protección especial dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Según FAO (1995), *V. planifolia* se encuentra enlistada en la categoría de alto grado de erosión genética.

Otro problema que presenta la vainilla es el escaso número de insectos polinizadores, que se han reducido por la aplicación de plaguicidas, por lo que cada flor tiene que ser autopolinizada manualmente para formar un fruto, lo que implica una mayor inversión en mano de obra para el cultivo (Coro, 2009). Como las probabilidades de conservación *in situ* son muy remotas debido a la gran dispersión de estos especímenes en cuatro estados del país y al hecho de que ningún área protegida tiene, hasta donde se sabe, más de cinco clones, se necesita una estrategia de conservación *ex situ*, en bancos de germoplasma (Soto, 2003).

La reproducción *in vitro* es una técnica que se ha utilizado de manera exitosa para la conservación *ex situ* de diversas especies, así como la reproducción y mejoramiento genético de diversos cultivos (Castillo 2015). Sin embargo, los medios de cultivo utilizados varían según la especie o variedad usada. Se han reportado diversos trabajos de reproducción *in vitro*, tales como los de Bello *et al.* (2015) o los de Spinoso *et al.* (2013). Sin embargo, en la mayoría de dichos trabajos, las metodologías de desinfección mencionadas, sobre todo cuando el material proviene de campo, así como las cantidades de reactivos usados en los medios de cultivo, al ser llevadas a la práctica, generan efectos adversos en los explantes de *Vanilla planifolia* G. Jackson.

La oxidación y contaminación debido a la presencia de microorganismos tanto endógenos como exógenos en los explantes de vainilla constituyen el principal problema en la reproducción *in vitro* de esta especie, por lo que el objetivo del presente trabajo fue optimizar un medio de cultivo, así como establecer una metodología de desinfección de explantes provenientes de campo adecuada para la vitropropagación de *Vanilla planifolia* G. Jackson.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de cultivo de tejidos de la Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Campus Teziutlán, la cual se encuentra en la longitud -97.367222 y latitud 19.876389, a una altura media de 1600 metros sobre el nivel del mar. El Municipio se localiza en la transición de los climas templados de la Sierra Norte, a los cálidos del declive del Golfo.

Material biológico utilizado

El material biológico utilizado en el experimento, fueron secciones de tallo con yemas viables de *Vanilla planifolia* G. Jackson, obtenidas del banco de germoplasma de vainilla de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicado en el municipio de Tenampulco, Puebla, entre los paralelos 10° 08 30 y 20° 14 54 de Latitud Norte y los meridianos 97° 20 00 y 97° 30 00 de Longitud Oeste, a 210 metros sobre el nivel del mar.

Medios de cultivo:

Se realizaron seis siembras con diferente concentración de MS y desinfectantes para prevenir la contaminación de medio de cultivo y explantes. El medio de cultivo usado fue el propuesto por Murashige y Skoog (1962) a concentraciones del 100, 70, 40 y 10% y sacarosa, a cada concentración se le adicionaron 2 ml L⁻¹ de agua con fungicida sistémico CERFUTRIN 70 PH (Tiofanato metílico). Así mismo, los componentes del medio de cultivo vario, ya que en siembras alternas se adiciono 2 g L⁻¹ de Carbón Activo, 1 g L⁻¹ de Ácido Cítrico y 1 g L⁻¹ de Ácido Ascórbico, en otras siembras se adiciono 2 ml L⁻¹ de agua de coco y 2 ml L⁻¹ de 6 – Bencilaminopurina (BAP) además de estreptomycin filtrada al medio de cultivo.

Desinfección de explantes:

Con la finalidad de remover impurezas provenientes de campo, se cortaron cuidadosamente las hojas y raíces adventicias del tallo, posteriormente, para facilitar el manejo de la planta, se realizaron cortes a lo largo del tallo para obtener segmentos que tuvieran de 3 a 4 yemas axilares sanas. Cada explante fue sometido a cuatro lavados continuos con agua corriente, jabón en polvo biodegradable marca Roma® y cloro activo en la presentación comercial a base de hipoclorito de sodio al 5% marca Clarasol®, posterior a esto, las yemas fueron extraídas de cada segmento con ayuda de un bisturí, dejando un centímetro de tallo en cada extremo de la yema. Una vez obtenidas las yemas, los explantes se dejaron en inmersión durante una hora en 2 g L⁻¹ de fungicida sistémico CERFUTRIN 70 PH® (Tiofanato de metilo). Seguido a esto, se realizaron cuatro enjuagues con agua desionizada estéril dentro de la campana de flujo laminar marca LabTech®, modelo LCB-1202H donde los explantes fueron tratados por 15 minutos en constante agitación en una solución de cloro al 30% + tween80. Posteriormente, se dieron otros cuatro enjuagues con agua desionizada y estéril, se dejaron las yemas axilares por 2 minutos en alcohol al 70% y con la finalidad de remover excesos se dieron cuatro enjuagues nuevamente con agua desionizada estéril. En el proceso de desinfección se vario en tiempo de exposición en alcohol de 15 a 10 min. Se vario la concentración y tiempo de exposición al cloro, exposición y concentración al bicloruro de mercurio.

Siembra de explantes

La siembra de explantes se llevó a cabo en una campana de flujo laminar, cuyas paredes fueron previamente desinfectadas con alcohol al 70% y flameada, así mismo el material utilizado como pinzas, bisturís y tapas de cajas Petri, fueron flameados con alcohol al 90% con la finalidad de evitar contaminaciones externas en el medio de cultivo. Con el apoyo de un bisturí con hoja número 20 y un bisturí con hoja número 15, se cortaron los extremos sobrantes de cada yema, procurando eliminar gran parte del material vegetal innecesario y con pinzas bacteriológicas se sembraron los explantes de manera que el material vegetal quedara completamente horizontal, se sellaron las tapas con papel adherible de un ancho de 3 cm, cada tubo fue etiquetado con: fecha de siembra, número de tratamiento, número de repetición y nombre del cultivo. Los tubos fueron puestos en una cámara de crecimiento a 28 ± 2°C, con lámparas de luz fluorescente y un fotoperiodo de 16 h luz.

Variables evaluadas

Se evaluó la oxidación de explantes, Contaminación, días a la brotación, longitud de rebrote, número de hojas y longitud de raíces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los problemas que se presentaron en el presente estudio de reproducción *in vitro* de explantes de vainilla provenientes de campo fue la contaminación, oxidación y contaminación-oxidación (Figura 1), en todos los tratamientos considerados. La oxidación se reflejó en cambios de tonalidades en los explantes y medios de cultivo, ya que los explantes que en un inicio poseían una tonalidad verde brillante en un medio transparente-claro (Figura 1A), se fueron tornando de una tonalidad café canela de manera gradual (Figura 1B), hasta llegar a la necrosis (Figura 1C). Estos cambios tanto en el explante como en el medio de cultivo y que finalizan con la necrosis de los cultivos, es debido a la ausencia de cloroplastos, u organelos básicos para generar energía suficiente para las funciones celulares básicas (Taiz y Zeiger, 2006).

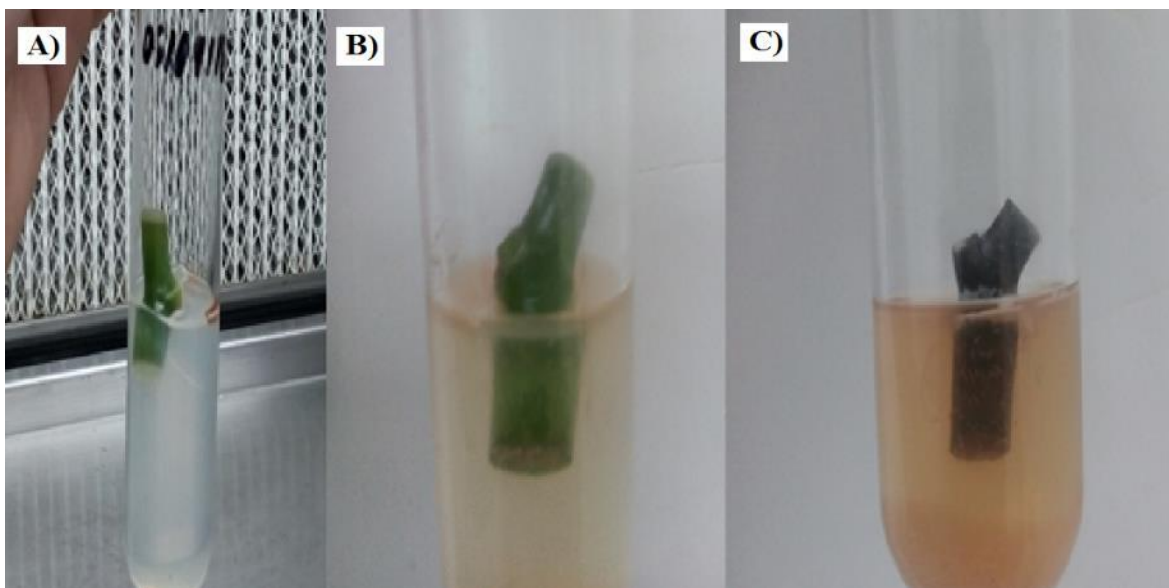


Figura 1. Izquierda (A): explante sano; centro (B) explante con tonalidad canela; derecha (C): explante con necrosis

El efecto del cloro en concentración y tiempos de exposición, indico en la quinta y sexta siembra diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en el periodo y tiempo de vida de los explantes, ya que al reducir la concentración al 0.25% de cloro y un tiempo de exposición de 5 segundos, el periodo de vida aumenta. Resultados que difieren por los reportados por Jericó *et al.* (2015), Menchaca (2011) Spinoso *et al.* (2013), donde utilizaron el cloro para la desinfección de vainilla en una solución del 30%, con tiempos de exposición que oscilan entre los 15 minutos. Sin embargo, Azofeifa *et al.* (2019), en un trabajo de desinfección de segmentos nodales sobre el rendimiento morfo-genético de vitroplantas de *Vanilla G. Jackson*, utilizó una concentración de cloro al 0.35% durante 20 minutos en agitación constante, obteniendo resultados favorables.

El bicloruro de mercurio ($HgCl_2$) permitió completar el proceso de desinfección en los explantes, al incluir este componente en el tren de desinfección, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en la quinta y sexta siembra, registrando periodos de vida más largos con explantes sanos y viables.

Azofeifa *et al.* (2019) afirman que, independientemente del desinfectante usado en el invernadero, la solución desinfectante utilizada en el laboratorio que reduce en mayor grado la contaminación por microorganismos en explantes de vainilla es el bicloruro de mercurio ($HgCl_2$), y reporta que los

explantes desinfectados en laboratorio con Hg Cl_2 presentan una longitud en las raíces de 21% mayor, en contraste con la desinfección con cloro (NaCl). El bicloruro de mercurio como agente desinfectante en el cultivo *in vitro* de vainilla, se ha generalizado en muchos laboratorios del mundo (Renuga y Saravana-Kumar, 2014).

El efecto del 6-bencilaminopurina (BAP), el cual es un regulador de crecimiento de la clase de las citoquininas, registro diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en la cuarta siembra, presentando aparentemente un efecto contraproducente cuando se le incluyo al medio de cultivo, y disminuyo el periodo de vida de los explantes, resultado que difiere con lo descrito por Condemarin *et al.* (2007) quienes reportan que a 2 ppm de BAP, los explantes de plántulas del genero *Orchidaceae* desarrollan un mayor número de yemas axilares, en comparación a otras concentraciones.

El agua de coco al incluirse en los medios de cultivo, se observaron efectos positivos en el desarrollo de los explantes, lo cual coincide con las investigaciones de Gomes de Araujo *et al.* (2006) quienes indican que al adicionar 100 ml L^{-1} de agua de coco al medio de cultivo, se promueve un mayor desenvolvimiento en el cultivo *in vitro* de plántulas de orquídeas. Los efectos promotores del agua de coco se deben a la presencia de compuestos orgánicos como citoquininas, zeatinas, kinetinas y purinas, que se consideran promotores del crecimiento vegetal (Yong *et al.*, 2009).

En general el tiempo de vida de los explantes fue variable en las siembras, en su mayoría, no reactivaron la brotación de raíces y ápices, posiblemente debido a la edad fisiológica de las yemas al momento de colecta en campo, en relación con esto INIFAP (2013) menciona que la calidad de los explantes influye en la morfogénesis, mientras más joven sea el tejido, la micropropagación tendrá una mayor posibilidad de resultar exitosa, por ello se selecciona el material vegetal en óptimas condiciones fisiológicas y de saneamiento, sin olvidar el balance hormonal que también está asociado al estado de desarrollo del material vegetal, Frausto *et al.* (2019) Indican que la calidad de las plantas donadoras es un factor crítico que afectará el rendimiento del cultivo *in vitro*, por lo que, es conveniente estandarizar las condiciones de crecimiento previas al establecimiento aséptico, para asegurar la calidad de los explantes, los principales aspectos que se deben considerar son luz, temperatura, riego, fertilización y humedad, además de hacer constantes revisiones para eliminar plagas o enfermedades.

El periodo de siembra, a la aparición de raíces y rebrotes en vainilla, regularmente es de 30 días (Lozano *et al.*, 2015). En el presente trabajo, el periodo de vida de los explantes sin contaminación y oxidación fue hasta los 45 días después de la siembra. Sin embargo, la aparición de raíces y rebrotes fue muy retardada.

En relación a la concentración en los medios de cultivo utilizados, se observa un efecto en los días que tardaron en contaminarse los explantes, ya que el tratamiento al 40% de MS fue el que retarda por más tiempo la aparición de hongos contaminantes en el medio de cultivo, en comparación con los demás tratamientos, dichas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Frausto *et al.* (2019) reportan en orquídeas mariposa mayor viabilidad de los explantes al utilizar en el medio de cultivo MS al 50% y concluyen que las sales minerales empleadas en los medios de cultivo, así como la variedad de orquídea, influyen significativamente en la oxidación de los explantes. Así mismo, Jericó *et al.* (2015), demostraron que es posible lograr la inducción de brotes al utilizar un medio MS al 50% sin reguladores del crecimiento en un sistema de biorreactores para el cultivo de vainilla.

CONCLUSIONES

El tratamiento al 40% de MS y sacarosa, retardo la aparición de hongos contaminantes en el medio de cultivo. Los procesos de desinfección con variantes en la exposición de los explantes provenientes de

campo, tanto en tiempo como en concentración al cloro, alcohol y bicloruro de mercurio permitieron alargar el periodo de vida de los explantes de *V. planifolia* G. Jackson.

El agua de coco, al incluirse en los medios de cultivo, presenta efectos positivos al influir principalmente en la formación de tallos y raíces.

LITERATURA CITADA

- Azofeifa-Bolaños, J. B., G. Rivera-Coto, A. Paniagua-Vásquez, R. Cordero-Solórzano, E. Salas-Alvarado. 2019. Efecto de la desinfección de segmentos nodales sobre el rendimiento morfogénico de vitroplantas de *Vanilla planifolia* Andrews. Agron. Mesoam. 30: 33-49.
- Bello-Bello, J. J., G. G. García-García, L. Iglesias-Andreu. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) bajo condiciones de lento crecimiento *in vitro*. Rev. fitotec. mex. 38: 165-171.
- Castillo, A. 2015. Propagación de plantas por cultivo *in vitro*: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología. INIA Las Brujas. 8p.
- Condemarín-Montealegre, C. E., J. Chico-Ruiz, C. Vargas-Artaega. 2007. Efecto del ácido indolbutírico (IBA) y 6-bencilaminopurina (BAP) en el desarrollo *in vitro* de yemas axilares de *Encyclia micratos* (rchb.f.) hoehne (Orchidaceae). Lankesteriana. 7: 247-254.
- Coro, A. M. 2009. La crisis de los polinizadores. Biodiversitas. 85: 1-5.
- FAO. 1995. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos de América Central y México. Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos fitogenéticos. San José, Costa Rica.
- Frausto, J. K., Z. M. Ojeda, G. O. Alvarado, Z. E. García, P. G. Rodríguez. 2019. Inducción de brotes a partir de varas florales de la orquídea *Phalaenopsis* spp. (Blume) *in vitro*. REMEXCA. 10: 1207-1218.
- Gamboa-Gaitán, M. A. 2014. Vainillas colombianas y su microbiota. II. Diversidad, cultivo y microorganismos endófitos. Universitas Scientiarum.19: 287-300.
- Gomes de Araújo A., P. Moacir, F. Villa, F. C. Carvalho, 2006. Agua de coco e polpa de banana no cultivo *in vitro* de plantulas de orquídea. Rev. Ceres. 53: 608-613.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras. 2013. Método para el establecimiento *in vitro* de Caoba (*Swietenia macrophylla*) King a partir de explantes vegetativos. Manual técnico número 10. CENID-COMEF, INIFAP. México, DF. México. 84 p.
- Jericó J. J., J. J. Bello-Bello, J. Spinoso-Castillo, L. G. Iglesias-Andreu. 2015. Establecimiento de un sistema de biorreactores para la micropropagación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). Agroproductividad. 63-68.
- Lozano, R. M. A., G. R. A. Menchaca, M. J. L. Alanis, C. J. M. Pech. 2015. Cultivo *in vitro* de yemas axilares de *Vainilla Planifolia* Andrews con diferentes citocininas. Rev. Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan. 4: 1153 – 1165.
- Menchaca G. R. A. 2011. Obtención y caracterización morfológica de híbridos de *Vanilla planifolia* G. Jackson in Andrews y *V. pompona* Schiede. Tesis de Doctorado en Ecología Tropical, Centro de Investigaciones Tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. Mexico.
- Murashige T., F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

- Renuga, G. S. N., Saravana-Kumar. 2014. Induction of vanillin related compounds from nodal explants of *Vanilla planifolia* using BAP and Kinetin. Asian J. Plant Sci. Res. 4: 53-61.
- Soto A. M. A. 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. CONABIO. Biodiversitas 66: 1-9.
- Soto A. M. A. 1989. Fitogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. Instituto Chinoín AC. Informe final SNIB Conabio, proyecto J101. México D. F.
- Soto A. M. A. 2003. *Vanilla*. In A.M. Pridgeon, P.J. Cribb, M.W. Chase y F.N. Rasmussen (eds.), Genera Orchidacearum, Orchidoideae (part two), Vanilloideae, Oxford University Press. 3: 321-334.
- Spinoso C. J., S. J. Pérez, N. Bogdanchikova, B. J. J. Bello. 2013. Respuesta antimicrobiana de nanopartículas de plata sobre la regeneración *in vitro* de vainilla (*Vanilla planifolia*). Colegio de Postgraduados.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 4th (Ed.). Sinauer Associates, Inc. USA. Pp. 410-412
- Yong J. W., L. Ge, Y. F. Ng, y S. N. Tan. 2009. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.) water. Molecules. 14: 5144-5164.

ALTERNATIVAS PARA ENFRENTAR LA ESCASEZ DE AGUA PARA LAS NECESIDADES DOMÉSTICAS Y EL HUERTO FAMILIAR

Aníbal Quispe-Limaylla

Programa de Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

anibalq@colpos.mx

anibal_quispe@hotmail.com

RESUMEN

Es evidente que, en diversas regiones del mundo, la disponibilidad de agua dulce por habitante, es cada vez menor por diversas causas, como el crecimiento de la población, contaminación de las aguas superficiales, abatimiento de los acuíferos, uso irracional del agua, disminución de lluvias por efecto del cambio climático, entre otros. En México, esta situación no ha sido distinta. Si bien para aliviar esta problemática se requiere de esfuerzos y recursos de gran magnitud, es necesario acudir también a procedimientos y tecnologías de pequeña y mediana magnitud y viables. Con el fin de que las familias de escasos recursos dispongan de agua para distintos usos, sobre todo en época de estiaje, desde hace más de diez años, decidimos generar y probar dos sistemas alternativos: 1) captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia y 2) tratamiento de aguas jabonosas domésticas, por medio de bio-filtros con plantas acuáticas. El método usado fue el de la investigación-acción, incluyendo el experimental, con prueba y error y la sistematización de experiencias. Los resultados indican que ambos sistemas funcionan de acuerdo a lo previsto, con sustentabilidad económica, social y ambiental.

Palabras clave: seguridad hídrica, agua de lluvia, aguas grises

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI ha sido llamado el “Siglo del Agua” y en 2010 se integró la Agenda del Agua 2030 (CONAGUA, 2018), porque una proporción importante de la población mundial carece del líquido vital. Son varias las causas que la generan. Una de ellas es el incremento de la población humana. Para el caso de México, con una disponibilidad de 4 mil 94 metros cúbicos por habitante, ya se encuentra en el grupo de los países con disponibilidad baja (Breña-Puyol y Breña-Naranjo, 2007). Estos autores señalan que la disponibilidad natural media anual por habitante, en 1955, era de 11 mil 500 metros cúbicos, y por efecto del crecimiento demográfico, disminuyó a 4 mil 94 metros cúbicos en 2004. Es decir, se presentó una disminución de 64% en un periodo de 50 años. Los mismos autores pronosticaron que en 2020, con el aumento poblacional estimado en 124 millones, la disponibilidad natural media por habitante será de sólo 3 mil 500 metros cúbicos.

En años recientes, de acuerdo al Programa Nacional Hídrico 2019-2024, más de 35 millones de mexicanos viven con escasez extrema de agua; arriba de 43 millones con disponibilidad baja. Esta situación en cifras, en la región del Valle de México, en los hechos se manifiesta en el racionamiento de agua potable en numerosas colonias; así, en época seca, que dura aproximadamente siete meses al año, el racionamiento se expresa en que las familias disponen del vital líquido sólo dos o tres veces por semana. En otras, el suministro es casi nulo, por lo que las familias tienen que acudir a la compra de agua de los servicios particulares (CONAGUA, 2020).

Otra de las causas de la reducción en la disponibilidad del agua por habitante está relacionada a los patrones actuales de manejo y utilización de agua que no son sostenibles. Según Jiménez y Galizia (2012) y Torregrosa (2012), la gestión del agua en México se ha aplicado en forma aislada y

discontinua, sin una planeación integral. Esta situación ha provocado una problemática caracterizada por servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento deficientes para la población urbana y rural; contaminación de cuerpos de agua por descargas residuales sin tratamiento; daños por inundaciones y sequías, conflictos entre usuarios por las fuentes de abastecimiento de agua, sobreexplotación de acuíferos, uso ineficiente del agua en núcleos urbanos (fugas del orden de 40 por ciento en redes de abastecimiento) y en zonas agrícolas (uso irracional, con desperdicios del 60 por ciento) y varios otros problemas locales (Kirbi, 2004).

De continuar con los actuales esquemas de uso y aprovechamiento ineficiente de los recursos hídricos, el futuro de México se ve seriamente amenazado, lo cual ha sido advertido no sólo por expertos en el tema, sino también por políticos y funcionarios locales, regionales y nacionales. Esta situación se agravará aún más con las frecuentes sequías por efecto del cambio climático (Ortega, De la Cruz y Castellano, 2018).

Frente a la situación problemática descrita en apartado anterior, la pregunta ha sido ¿qué se ha hecho y se puede hacer para detener y revertir dicha situación? La respuesta no será simple ni inmediata. Autores como Clegg y Laclette (2012), precisan que para garantizar que este recurso fundamental soporte una población mundial de nueve mil millones o más en 2050, es necesaria una nueva relación con el agua, basada en los principios de la sostenibilidad. Esto exige mejorar nuestra gestión y esfuerzos económicos, científicos y tecnológicos, pero también requiere nuevos enfoques en los campos de la educación, así como un replanteo de los procedimientos empleados para facilitar la participación ciudadana en la toma de decisiones públicas (GPSIA, 2010). La participación ciudadana, de forma consciente y organizada, puede permitir mejorar la eficacia en el manejo y uso del agua y dar respuesta a los retos del medio ambiente y la sostenibilidad. En muchas ocasiones las respuestas adecuadas para afrontar un problema están sólo en manos de la propia comunidad, lo que hace que su implicación sea imprescindible (Andreu, 2005).

Entre otras medidas y alternativas para hacer frente a la creciente reducción de la disponibilidad de agua, dos son las alternativas factibles en las que la gente puede y debe participar y jugar un papel importante en el manejo del agua: 1) la captación y almacenamiento de agua de lluvia y 2) el tratamiento de aguas residuales, entre ellas las jabonosas. Ambas están a su alcance. Sobre la primera alternativa, la precipitación pluvial representa un valioso recurso natural que se debe aprovechar y es una de las opciones más reales para proporcionar agua a aquellos que no cuentan suficientemente con este recurso. Es posible establecer sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano y otros usos a nivel de familia y comunidad.

Son numerosas las experiencias del pasado antiguo y reciente que pueden ser retomadas con tecnologías e infraestructuras apropiadas. Esta tiene diferentes modalidades y propósitos: captación de los techos que son conducidas y almacenadas en recipientes o depósitos de diferente capacidad y material; de superficies naturales inclinadas de diferente área, para ser recibidas en depósitos igualmente naturales o contruidos, como los denominados jagüeyes, aljibes, entre otros Palerm (2008 y Quispe (2008).

Otro recurso poco aprovechado son las aguas domésticas, entre ellas las aguas jabonosas o grises (INECC, 2009). Estas son las que se producen en la casa, escuela, en el trabajo y otros lugares donde se usa el agua con fines de limpieza o de higiene de nuestros cuerpos, ropa, utensilios de cocina, entre otros. Estas aguas grises salen de los ductos de lavar ropa, del baño, de los lavabos, del fregadero de la cocina y de otros medios de usos domésticos. Normalmente, estas aguas no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como son las aguas negras (que provienen de los escusados / WC / inodoros). Sin embargo, necesita ser tratada adecuadamente para su re-uso porque contienen diversas sustancias del tipo orgánico e inorgánico, incluyendo microorganismos, como bacterias y hongos, que

pueden generar riesgos para la salud, contaminación del medio y mal olor (Arreguín, Moeller, Escalante y Rivas, 2014), pero si son tratadas adecuadamente, este recurso puede ser utilizado para el riego o servicios de higiene doméstico.

Uno de los beneficios del tratamiento de las aguas grises es para regar las plantas, sean de cultivo, prados o jardines, en vez del agua potable (Mendoza, 2012). Las pocas experiencias de tratamiento de las aguas grises en el mundo, indican que el tratamiento puede hacerse usando procedimientos físico-químicos o a través de la bio-filtración con graba y plantas acuáticas. Debido a que, en nuestro entorno, las experiencias para captar el agua de lluvia y el tratamiento de aguas grises, son aún escasas y con el fin de proponer alternativas viables para resolver el problema de la creciente escasez de agua, decidimos, desde hace más de diez años, adaptar y probar las tecnologías y sus procedimientos con participación de familias y en sus hogares. En este reporte describimos los procedimientos realizados, los resultados obtenidos y los impactos generados en las familias participantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método general que orientó el estudio fue la investigación-acción, que incluyó procedimientos de la experimentación, con prueba y error y de la investigación social. La experimentación se llevó a cabo previa una planificación para probar el funcionamiento de las tecnologías propuestas: captación y almacenamiento de agua de lluvia de los techos y el tratamiento biológico de las aguas jabonosas del hogar. En este proceso también se consideraron el comportamiento de los participantes para conocer sus actitudes y opiniones sobre las tecnologías.

Captación y almacenamiento de agua de lluvia

El proyecto se llevó a cabo con diez familias en una comunidad rural del Municipio de Españita, Tlaxcala. Con el fin de garantizar el éxito del proyecto, se realizaron los siguientes procedimientos: 1) selección de la comunidad rural y los participantes, 2) determinación del volumen de agua a ser captada y almacenada, 3) construcción de las cisternas para recibir y almacenar el agua de lluvia, 4) instalación de la red de tuberías para la conducción del agua hasta la cisterna y 5) instalación de medios para hacer disponible el agua captada y almacenada. Cabe señalar que estos procedimientos se realizaron como parte de un proyecto mayor sobre la introducción de ecotecnias para la producción agroecológica del huerto familiar. Sobre la construcción de las cisternas para almacenar el agua de lluvia, en los diez casos fueron de ferro-cemento, cilíndricas, construidas debajo de la superficie y de una capacidad promedio de 30 mil litros (Boege y Kral, 2014). Los trabajos se realizaron con apoyo mutuo entre los participantes.

El costo estimado para captar, almacenar y extraer el agua de lluvia fue US\$ 1,680.00 por familia, dividido en los siguientes rubros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Costos de materiales y mano de obra para la construcción e instalación del sistema de captación, almacenar y extracción de agua de lluvia por familia.

Conceptos	Costo US\$	Porcentaje
Materiales (tuberías y accesorios) y mano de obra	320.00	19.05
Materiales (malla metálica, cemento, varillas, otros)	960.00	57.14
Bomba para extraer el agua	220.00	13.09
Otros	180.00	10.71
Total	1,680.00	100.00

Fuente: elaboración propia.

Tratamiento de agua jabonosa

La inquietud de hacer el tratamiento de las aguas jabonosas de la casa surge como parte de un proyecto mayor sobre el desarrollo de un huerto familiar, con procedimientos agroecológicos. La ejecución del proyecto requirió de una planificación y dentro de ello la organización y distribución de los espacios para lograr el objetivo de producir alimentos sanos y nutritivos en el huerto familiar. Cuando se gestó el proyecto, nos dimos cuenta que el recurso agua disponible no era suficiente porque el suministro del agua potable era esporádico. Por ello se decidió construir la infraestructura necesaria para disponer de agua suficiente de dos fuentes: 1) captación y almacenamiento de agua de lluvia de los techos de la casa, sobre el cual ya se trató y 2) tratamiento de las aguas jabonosas. En esta parte describimos lo que se hizo para tratar y aprovechar el agua jabonosa.

a) Instalación de la red de tuberías para coleccionar el agua gris. Este se realizó con base en el diseño de la casa para coleccionar el agua jabonosa de las diferentes partes donde se genera: lavabo o lava manos, regaderas (baños), fregaderos o lavado de utensilios de cocina y lavadora o lavadero de ropa.

b) Construcción del vaso para el tratamiento de las aguas grises. El vaso es el área donde llega el agua jabonosa y sufre el proceso de descomposición de las partículas jabonosas y orgánicas. Está dividido en tres sub-áreas: 1) sección de recepción del agua jabonosa, 2) sección de tratamiento biológica y filtración, y 3) depósito de recepción del agua tratada. La primera sirve como un depósito para recibir el agua jabonosa. En ésta, antes de que el agua ingrese a la siguiente sección, se retiene la capa espumosa y grasosa que se forma en la superficie del cuerpo del agua. Esta debe tener una tapa y un “*atrapador*” de grasa. La segunda sección está compuesta por varios compartimentos, los cuales pueden variar según el volumen de agua a ser tratada. Esta es realmente el área donde se realiza el tratamiento del agua. Cada sección es de 0.40 x 0.40 m, conectados entre ellos, por un tubo de PVC de una pulgada. En estos espacios crecen las plantas acuáticas. Tanto la base como las paredes de todo el vaso se construyeron a base de cemento con arena y aplicación de impermeabilizante para evitar la pérdida del agua por filtración.

El área total del humedal, que actualmente se cuenta, es de 3.50m x 3.30m. La decisión para contar con esta superficie dependió del cálculo de la cantidad de agua generada en cada parte. Sin embargo, de acuerdo con los hechos, esta superficie no fue suficiente en época de lluvias porque el volumen del líquido se incrementaba, por lo que se tenía que acudir a la bomba para extraer el líquido y tirarla a las superficies contiguas. Posteriormente este defecto fue superado al conectar, con un tubo de PVC, el humedal con el sistema de desagüe de la casa.

c) Determinación del volumen de agua jabonosa disponible. En la casa habitan mayormente tres personas y el volumen de agua gris que se genera semanalmente es de 1,160 litros aproximadamente. Este no incluye el agua que se usa para los sanitarios, agua fresca para bebida y preparado de alimentos, ni riego-limpieza. El agua jabonosa proviene de los siguientes servicios y en las cantidades estimadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Volumen y fuentes de agua jabonosa (por semana) generada en casa.

Fuente de las aguas jabonosas	Cantidad en litros	Porcentaje
Lavamanos	60.0	5.17
Lavado de utensilios de cocina	320.0	27.60
Regadera o ducha	360.0	31.02
Lavado de ropa	420.0	36.21
Total	1,160	100.00

Fuente: elaboración propia.

d) Siembra de plantas acuática. Una vez colocadas la grava y la arena en la superficie del vaso, hasta las 3/4 partes de cada compartimento, se plantaron cinco especies: papiro gigante (*Cyperus papyrus*), papiro enano (*Cyperus haspan*), cola de caballo (*Equisetum arvense*), alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), lirio de agua (*Iris sibirica*) y otras no identificadas por su nombre vulgar ni científico. Se seleccionaron estas especies porque se encontraron en el mercado de plantas y otras fueron obtenidas de una laguna de Tlaxcala. De acuerdo a la literatura son numerosas las especies que se pueden usar para el tratamiento del agua gris (Caballero, 2007). De acuerdo a este autor, las raíces de las plantas juegan un papel muy importante para desintegrar las partículas jabonosas y orgánicas. Las plantas mencionadas tuvieron un crecimiento espectacular a través del tiempo.

e) Control del proceso de tratamiento y filtración del agua gris. Se tuvo presente cuidados sobre el proceso de filtración y crecimiento de las plantas. En los primeros meses, mientras las plantas crecían, la filtración era un poco más rápida que cuando las plantas llegaron a su madurez. El deseo era que el proceso de filtración tardara un poco para que el proceso de descomposición de las partículas de jabón u otras, se realice con propiedad. Esta se logró con una filtración que tardó entre 6 a 7 días hasta llegar al depósito final. Se observó que la filtración se hacía más lenta en la medida en que el número de plantas y las raíces aumentaban. Cuando el depósito final se llenaba, se extraía con la bomba ya instalada; esto era más frecuente en época de lluvias. Como parte del manejo también se consideró la eliminación de los tallos y hojas que ya cumplieron su ciclo de vida.

f) La infraestructura para conducir, tratar y usar el agua jabonosa tuvo un costo aproximado total de US\$ 1,930.00. Como puede apreciarse en el Cuadro 3, el mayor porcentaje de los costos, correspondió a la construcción del vaso y compartimentos y el menor porcentaje (9.43%) a la compra de la bomba para extraer el agua, sus implementos e instalación.

Este costo total puede variar según el tamaño, tipo de material a usar y tipo de plantas acuáticas. Los materiales usados para la construcción del vaso fueron: tabicones, cemento y arena.

Cuadro 3. Costos, por conceptos, para la construcción y funcionamiento del proceso de tratamiento de aguas jabonosas.

Concepto	Costo en US\$	Porcentaje
Instalación del sistema de conducción (tuberías)	498.00	25.80
Construcción del vaso y compartimentos	776.00	40.21
Acabado del vaso (impermeabilizado, aplicación sustrato)	230.00	11.92
Siembra de plantas acuáticas (compra y plantación)	254.00	13.16
Compra de la bomba, implementos y instalación	182.00	9.43
TOTAL	1,930.0	100.00

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuando a la captación y almacenamiento de agua de lluvia, de las diez familias que participaron en el proyecto, nueve llegaron a completar la infraestructura para captar, almacenar y usar el agua de lluvia. La capacidad de las cisternas para almacenar el agua es, en promedio, 24 mil litros. Las diez cisternas fueron construidas debajo de la superficie con cubierta firme, por lo que la superficie no deja de ser utilizada para alguna actividad del hogar. El agua de lluvia almacenada tiene diferentes usos, pero mayormente para el riego de las hortalizas que se producen en el traspatio, especialmente en la época de estiaje. Debido a que el período de estiaje es prolongado (7 meses) el agua de lluvia captada

no es suficiente para cubrir la demanda de uso, por lo que las familias acuden a la compra de agua de los servicios privados. Este no hubiera sido factible, aun teniendo capacidad de compra, porque no habrían tenido donde guardar el agua de diez mil litros que es la capacidad de los tanques de los vehículos que venden agua. En opinión de los representantes de las familias participantes, consideran que el sistema de captación y almacenamiento de agua que tienen es de gran valor. Las señoras amas de casa fueron quienes expresaron su mayor satisfacción al señalar que ahora disponen de agua durante todo el año en comparación a otros años. Antes de contar con las cisternas, tenían que acudir por el agua a lugares distantes, porque el servicio de agua potable era esporádico e insuficiente, especialmente en la época seca.

Respecto al tratamiento de aguas jabonosas, como se señaló en párrafo anterior, el experimento tuvo lugar en el hogar de una familia. A casi seis años de funcionamiento, el sistema de tratamiento de aguas grises por bio-filtro, con plantas acuáticas, ha funcionado a satisfacción. Esto indica que las dimensiones y el diseño del vaso (humedal), fueron los adecuados, con ligeras correcciones que deben hacerse, como por ejemplo la selección de las plantas acuáticas que no deben ser de tamaño arbustivo. Sobre el volumen de agua gris manejada, se calculó que del total de agua jabonosa generada en el hogar e ingresada al humedal (1,160 litros por semana), el 50% es convertido en agua tratada y almacenada para ser usada para el riego. El 50% restante se pierde por evaporación y absorción por las plantas acuáticas. Una vez que el agua llegó al depósito final, ésta ha sido empleada para el riego del jardín y para la producción de hortalizas en el huerto familiar. Debido a que el agua no está libre de microorganismos y entre ellos los patógenos, el agua se usa para el riego sólo de las plantas que producen granos, raíces o tubérculos y frutos, mas no así para cultivos cuyas hojas o flores van a ser usadas para el consumo humano. Aunque no se hicieron los análisis químicos ni físicos, el agua resultante del proceso de bio-filtración, no ha generado riesgos para la salud. El color del agua tratada ha sido claro y transparente.

Otro resultado del proceso de tratamiento de las aguas jabonosas es que el área, denominado humedal, se convirtió en un espacio que brinda un paisaje natural que embellece el jardín o área verde. Las plantas, de diferentes tamaños y flores de diferentes colores, que crecen en el humedal y su contorno, brindan una vista espectacular que armoniza con el entorno durante todo el año.

CONCLUSIONES

En un contexto actual de creciente escasez de agua para sectores importantes de la población, las experiencias generadas con la captación y almacenado de agua de lluvia y el tratamiento de aguas jabonosas a nivel doméstico sugieren que existen alternativas para superar dicha situación. En muchos lugares, las lluvias abundan en ciertas épocas del año, sin embargo, escasamente son captadas y almacenadas para su uso posterior. Igualmente, las aguas jabonosas son otros recursos que se desperdician al ser conducidos al drenaje y no ser reciclados. Como se demostró, la construcción y aplicación de las tecnologías usadas no son costosas y son de fácil construcción y manejo. La experiencia también sugiere que debe aprovecharse al máximo ambos tipos de recursos a nivel doméstico, escuelas, unidades habitacionales y otros a pequeña y mediana escala. Finalmente, para emprender acciones sobre el tratamiento de las aguas jabonosas y la captación de agua de lluvia, es necesario precisar los propósitos. El realizar cualquiera de las acciones para disponer de agua, no tendría mucho sentido si no va aparejada de un propósito mayor. En el caso de la experiencia descrita en este trabajo, el propósito fue el aprovechamiento racional del traspatio, especialmente para la producción de alimentos en el huerto familiar. Esta experiencia puede ser replicada también en escuelas, unidades habitacionales, entre otras. Por lo anterior, los programas y políticas de gobiernos locales, estatales y nacionales deben incluir este tipo de experiencias para promoverlas y apoyar su ejecución.

LITERATURA CITADA

- Andreu, L. 2005. Múltiples usos de la captación de agua de lluvia para combatir problemas de escasez del agua. En: Memorias de la XI Reunión Nacional y I de América Latina y el Caribe, Sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia: Base para el Desarrollo sustentable de Micro cuencas, Jalisco, México del 25 al 27 de julio de 2005. P. 1-14.
- Arreguín-Cortés, F.; Moeller-Chávez, G.; Escalante-Estrada, V. y Rivas- Hernández, A. 2014. El Reuso del Agua en México. Foro Hacia la calidad: Necesidad para el Próximo Milenio. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Breña-Puyol y Breña-Naranjo. 2007. Disponibilidad de agua en el futuro de México. *Ciencia*. Julio-septiembre (64-71).
- Boege, E. y Kral, R. 2014. Sistema casero de tratamiento de aguas jabonosas. www.paginasverdesxalapa.com. Visitado en Mayo 2018.
- Cleggy Laclette. 2012. Prólogo. En: Jiménez-Cisneros, B. y Galizia-Tundisi, J. Diagnóstico del Agua en las Américas. Ciudad de México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. Interamerican Network of Academies of Sciences, p. 4-6.
- Caballero Aquino, T. 2007. Captación de Agua de Lluvia en tanques de ferro-cemento. Manual técnico. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 125 pp.
- Comisión Nacional del Agua. 2020. Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. Diario Oficial de la Federación. Visitado 19/04/2021. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020
- Grupo de Procesos y Sistemas de Ingeniería Ambiental (GPSIA). 2010. ¿Soluciones al problema de la escasez de agua? Muchas y combinadas. Universidad Autónoma de Madrid. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2010/05/28/131465>. Visitado en enero de 2019.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2009. Recolección, reciclado y reúso de agua. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). <http://vivienda.inecc.gob.mx/index.php/agua/recoleccion-reciclado-y-reuso-de-agua>. Visitado en marzo de 2018.
- Jiménez-Cisneros, B. y Galizia-Tundisi, J. Prólogo. 2012. En: Jiménez-Cisneros, B. y Galizia-Tundisi, J. Diagnóstico del Agua en las Américas. Ciudad de México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C. p. 5-6.
- Kirby, A. 2004. Escasez de agua: ¿se avecina una crisis? BBC. En Mundo.com, http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_4052000/4052657.stm. Visitado en febrero de 2018.
- Mendoza-Espinosa, L. 2012. Reutilización de aguas tratadas. Ponencia presentada en el Foro Nacional para la elaboración del Programa Especial de Ciencia y Tecnología en Materia de Agua, 23 de abril de 2012. Universidad Autónoma Baja California
- Ortega-Gancín, D., De la Cruz-Bartolón, J. y Castellano-Bahena, H. 2018. Peligro, vulnerabilidad y riesgo por sequía, en el contexto del cambio climático en México. En: Lobato-Sánchez, R. y Pérez, A. (Coordinadores) Agua y Cambio Climático. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, pp. 78-101.
- Palerm, J. 2008. "Presentación", en Boletín del Archivo Histórico del Agua, Número especial, Año 13, SEMARNAT, México, Gobierno Federal, p. 3-5.

- Quispe, A. 2008. Captación de agua de lluvia para la agricultura familiar, una experiencia en comunidades rurales de Tlaxcala. Captación de agua de lluvia. Boletín del Archivo Histórico del Agua. (13) Número especial, p. 82-91.
- Torregrosa L. 2012. Los recursos hídricos en México, situación y perspectivas. En: Jiménez-Cisneros, B. y Galizia-Tundisi, J. Diagnóstico del Agua en las Américas. Ciudad de México, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. (309-354).

EXPRESIÓN ACTIVACIÓN Y VIGORIZACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS NATIVOS

Zaida Crispin del Río¹
Jaime Treviño-Morales²
Juan Antonio Puerta-Gallegos²
Martín Antonio Higuera-Carrillo¹
Oscar Eduardo Salinas-López¹
Javier Carrillo-Campos¹
María Fernanda Mireles de la Cerda¹

¹Laboratorio de Biotecnología, Tecnológico Nacional de México Campus Torreón

²Junta Local de Sanidad Vegetal Comarca Lagunera Coahuila A.C
zaida.cr@torreon.tecnm.mx

RESUMEN

El uso de agroquímicos ha sido la respuesta inmediata al control biológico los cuales además de ir en aumentan en dosis, contaminan suelo y atmosfera unida al riesgo de la salud del hombre, es por eso que en el presente trabajo se propuso homogenizar y estandarizar técnicas de reactivación y vigorización dando seguimiento a la expresión de aislamientos nativos de *Metarhizium* y *Paecilomyces* con los cuales cuenta el TecNM en su Campus Torreón específicamente en el laboratorio de biotecnología. Pues después de haber hecho una búsqueda de aislamientos fúngicos nativos en suelos de la comarca lagunera y haberlos identificado a nivel de genero para validarlos como entomopatógenos se conservaron en refrigeración en aceite mineral a 3°C desde el verano de 2017. Fue a partir del otoño de 2020 que se mostró el interés de asociaciones civiles de productores agrícolas para utilizarlos como alternativa de control biológico. Enseguida se evaluaron 3 diferentes medios de cultivo para la recuperación de los aislamientos en estudio identificando el medio Sabouraud modificado como el mejor enseguida se procedió a su activación utilizando la técnica del insecto trampa obteniendo resultados entre el tercer y cuarto día de micosis mostrando crecimiento micelial y esporulación homogénea. Para la vigorización de ambos aislamientos se probó su respuesta utilizando el medio Sabouraud modificado adicionado con un producto comercial denominado Sphequit® expresándose una invasión micelial homogénea cubriendo la superficie total en 7 días para ambos aislamientos. Se recuperaron ambos aislamientos, en la etapa de activación solo *Metarhizium spp* mostró mayor adaptación, velocidad de crecimiento y esporulación homogénea, no así *Paecilomyces* el estudio de aislamientos nativos requiere de evaluar y estandarizar técnicas para éstos de manera específica.

Palabras Claves: *Metarhizium*, *Pacilomyces*, homogéneo

INTRODUCCIÓN

Las plagas son una de las principales causas de pérdida en los cultivos a nivel mundial, la mayor parte de las pérdidas se genera en el campo previo a la cosecha (Culliney, 2014). La respuesta tradicional al control de plagas ha sido el uso de agroquímicos, los cuales en muchas ocasiones son altamente contaminantes e imponen un riesgo a la salud de quienes están expuestos a los mismos, desde el agricultor hasta el consumidor final. Una alternativa viable en este momento de evolución de nuestro planeta en el que se ha desarrollado una franca resistencia a los pesticidas por parte de los insectos plaga el uso del control biológico mediante microorganismos como los hongos entomopatógenos muestran una de las opciones más efectivas (Sandhu, *et al.*, 2017). Dentro de los géneros de hongos entomopatógenos más estudiados se encuentran *Metarhizium*, *Beauveria*, y *Paecilomyces*. Estos microorganismos inician el proceso de infección cuando células como los conidios se adhieren a la cutícula del insecto, una serie de enzimas como las hidrolasas, proteasas y quitinasas son expresadas

y liberadas al medio extracelular lo cual permite su germinación y crecimiento en la superficie del insecto y posteriormente la penetración a las capas cuticulares (Ortiz-Urquiza, *et al.*, 2016). el proceso concluye con una micosis letal. Si bien existen un número considerable de hongos entomopatógenos como excelentes candidatos para su uso en el control biológico en muchas ocasiones estos candidatos fallan las pruebas en campo, una de las razones principales es que la selección de aislados tiene que estar determinada por distintos factores siendo uno de los principales las condiciones de campo a las que se van a exponer a los microorganismos, por ello es importante la búsqueda de aislados nativos (Lacey, *et al.*, 2015). En el presente trabajo de investigación se llevaron a cabo las etapas de recuperación, activación y vigorización de hongos entomopatógenos nativos; es decir, aislados de suelos de la región de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó con aislamientos nativos recolectados en diferentes predios de cultivo intensivo en la Comarca Lagunera de Coahuila para ser aislados, purificados y tratados como lo muestra el presente documento en el laboratorio de biotecnología del Tec Nacional de México Campus Torreón ubicado en el km 7.5 de la antigua carretera Torreón-San Pedro, Coahuila, México. Con coordenadas 25°32'07" N y 103°06" O, a 1200 m de altura sobre el nivel del mar.

Recuperación de cepas

Se recuperaron los aislados nativos previamente aislados de diferentes predios cultivados a lo largo de la comarca lagunera de Coahuila de *Metarhizium spp.*, *Beauveria spp.*, y *Paecilomyces spp.* (Mares de León, 2016) mediante siembra en placa. Se utilizaron los siguientes medios: M1 (PDA Artesanal), M2 (Sabouraud modificado), M3 (PDA comercial). M1 (PDA Artesanal), El medio Papa Dextrosa Agar Artesanal es un medio de crecimiento para microorganismos en general y se puede utilizar como medio de conservación, la preparación del medio fue acorde a (Crispín, 2001). De manera breve, para un litro de medio se utilizan 20 gr de Dextrosa, 8 gr de Agar bacteriológico y el caldo hervido de 200 gr de papa. Los componentes se mezclan hasta homogenizar para luego ser esterilizados en autoclave a 15 PSI durante 20 minutos. M2 (Sabouraud Modificado), Es un medio de cultivo utilizado para aislar hongos de animales. Debido a su composición, los hongos crecen exuberantemente y esporulan bien. Es el medio estándar para observar la morfología típica de los hongos, pero no es el medio ideal de crecimiento o para estudiar la esporulación. La preparación del medio fue acorde a Crispín, 2001 [6]. Para un litro de medio se utilizan 65 gr de agar dextrosa Sabouraud, 10 gr de extracto de malta, 10 gr de extracto de levadura, 0.333 gr de antibiótico a base de tetraciclina y el caldo hervido de 200 gr de papa. Los componentes se mezclan hasta homogenizar para luego ser esterilizados. M3 (PDA Comercial), es un medio de cultivo común utilizado para el crecimiento de hongos y levaduras que atacan plantas vivas o materia vegetal muerta en descomposición. Para un litro de medio se utilizan 39 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada, remojar 10 a 15 minutos, Los componentes se mezclan, se hierven juntos por 1 minuto y se esterilizan en autoclave a 121°C durante 20 minutos (BD Bioxon).

La siembra se llevó a cabo en cajas Petri y tubos en punta de flauta, de las cajas originales de los aislados nativos se tomó el inóculo con sacabocado y se depositó en la caja con medio fresco; para los tubos en punta de flauta se tomaron esporas con asa bacteriológica y se iniciaron así los trabajos de reactivación.

Activación de cepas

Para la activación de las cepas recuperadas de *Metarhizium* y *Paecilomyces* se utilizó la técnica de insecto trampa (Zimmermann, 2007). En cajas Petri se colocaron 6 hormigas cabezonas *Atta texana* (Hymenoptera) y 3 torundas de algodón esterilizadas humedecidas con agua destilada estéril. La inoculación de hormigas con *Metarhizium* se realizó el día 16 de marzo del 2021 y la inoculación de *Paecilomyces* se realizó el día 29 de marzo del 2021.

Con asa bacteriológica se tomaron esporas de cada hongo y se inocularon las hormigas. Las cajas con las hormigas inoculadas se incubaron a $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta observar micosis con oscuridad total. A partir de las hormigas micosadas se llevó a cabo un proceso de siembra en caja Petri para recuperar las cepas de *Metarhizium* y *Paecilomyces* activadas. El medio que se utilizó para el proceso de siembra fue el M2, las cajas se incubaron a $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, con oscuridad total.

Vigorización de cepas

Para el proceso de vigorización se prepararon cajas Petri con agar M2 adicionado con Sphequit®, este producto es un complemento al medio de cultivo a base de quitina que favorece la activación metabólica de los aislamientos al estimular la biosíntesis de enzimas para la identificación y destrucción de la quitina en el cuerpo del insecto. Las cajas Petri se incubaron a $27^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 7 días. Se monitoreo la expresión una vez que el micelio estaba maduro se sometió cada unidad experimental a un fotoperíodo de 12 horas y se realizaron mediciones de crecimiento con vernier hasta el llenado y esporulación homogénea de las cajas petri.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recuperación de cepas

Posterior a la inoculación de M1, M2 Y M3 con *Metarhizium* mediante comparación visual del comportamiento y desarrollo de la cepa se realizó una selección de medio con base en el desarrollo del hongo, siendo M2 el medio que presentó mayor eficacia al momento de la recuperación (Figura 1) mostrando mayor vigor, menor tiempo de invasión y homogeneidad en el crecimiento, el medio M2 se utilizó para recuperar la cepa de *Paecilomyces*, se inocularon placas petri y se incubaron a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para la recuperación de la cepa (Figura 2).

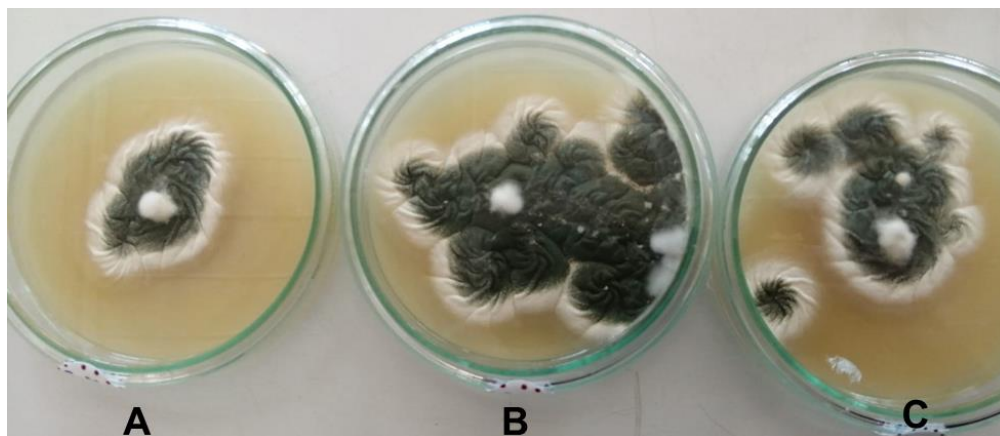


Figura 1. Análisis de medios de recuperación. *Metarhizium* en M3 (A), M2 (B) y M3 (C), a los 8 días de inoculación a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

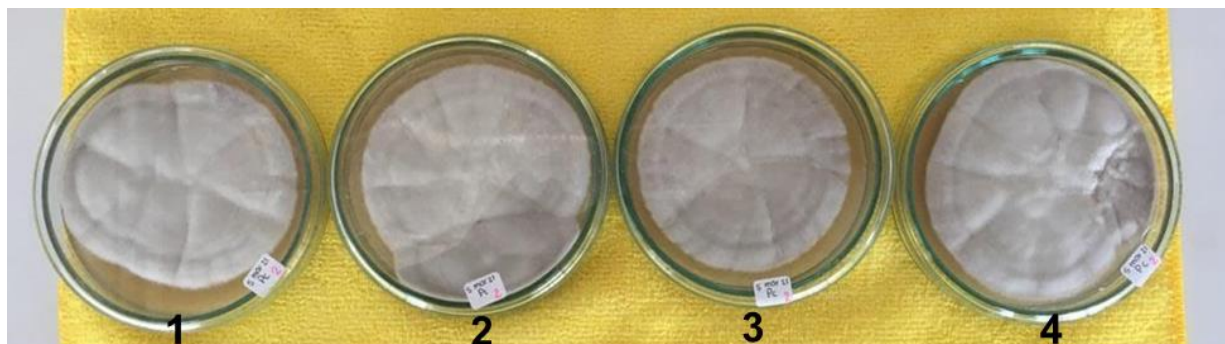


Figura 2. Recuperación de cepa de *Paecilomyces*. 1-4., crecimiento de *Paecilomyces* en M2 a 8 días de ser inoculado.

Activación de cepas

Las observaciones que presentaban las hormigas se registraron en una bitácora día por día tomando en cuenta la movilidad, muerte y micosis del insecto (Figura 3). *Metharizium* posee una capacidad mayor para infectar a los insectos trampa, se pudo observar el proceso de esporulación por parte de este microorganismo con franca micosis a los cuatro días de incubación como máximo (Figura 4) mientras que para *Paecilomyces* en solo una unidad experimental se pudo observar este proceso (Figura 5).

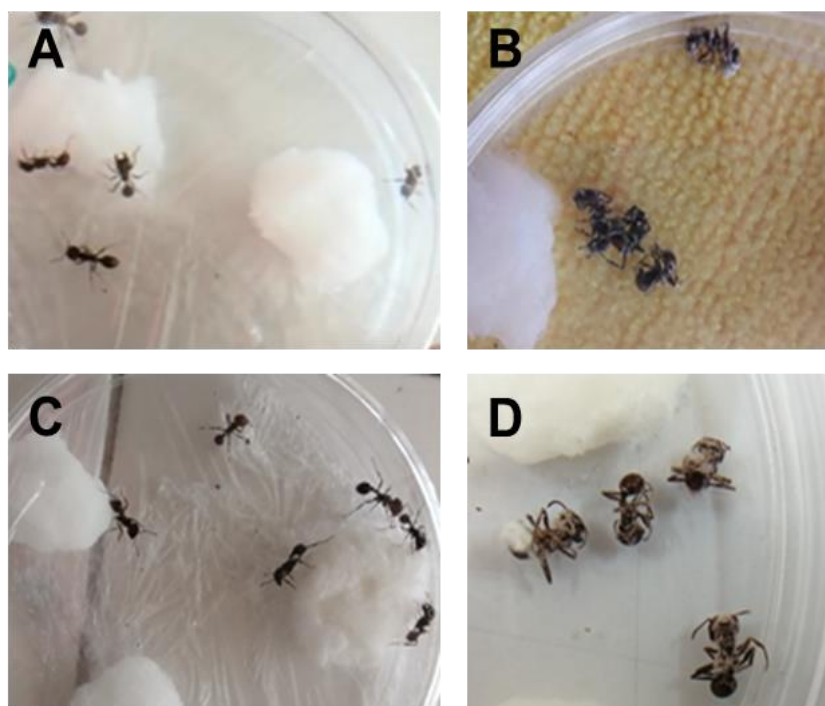


Figura 3. Activación de cepas de *Metarhizium* y *Paecilomyces*. Monitoreo del proceso de micosis a los 0 días de *Metarhizium* (A) y *Paecilomyces* (C) y a los 8 días de *Metarhizium* (B) *Paecilomyces* (D).

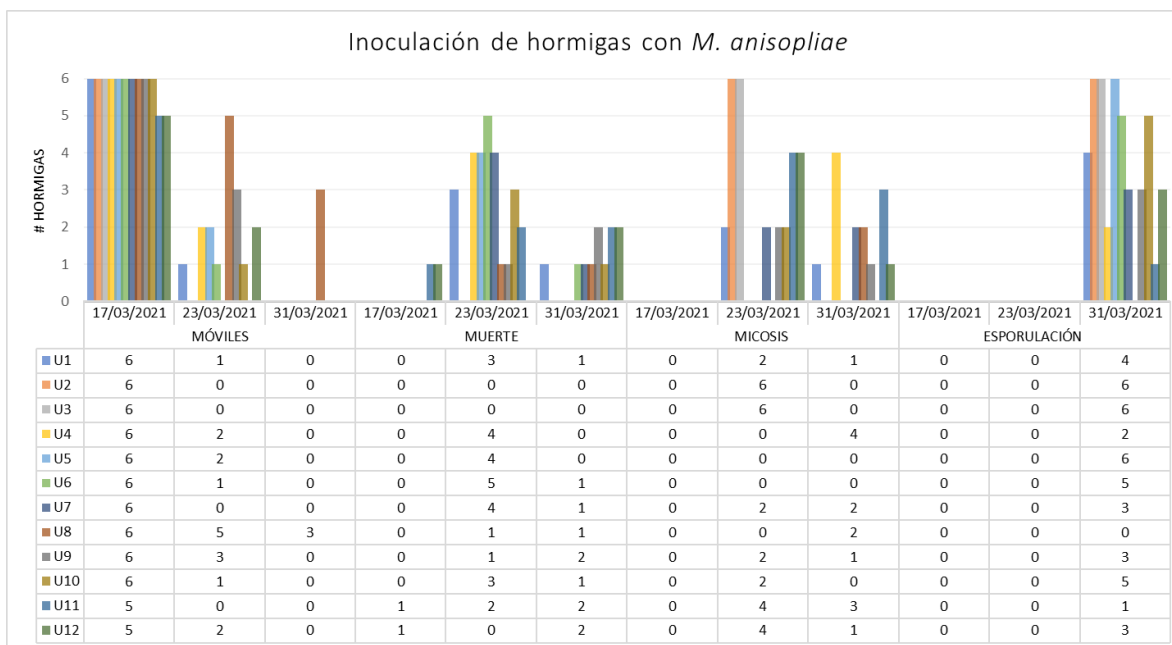


Figura 4. Monitoreo del proceso de activación de *Metarhizium* en insecto trampa.

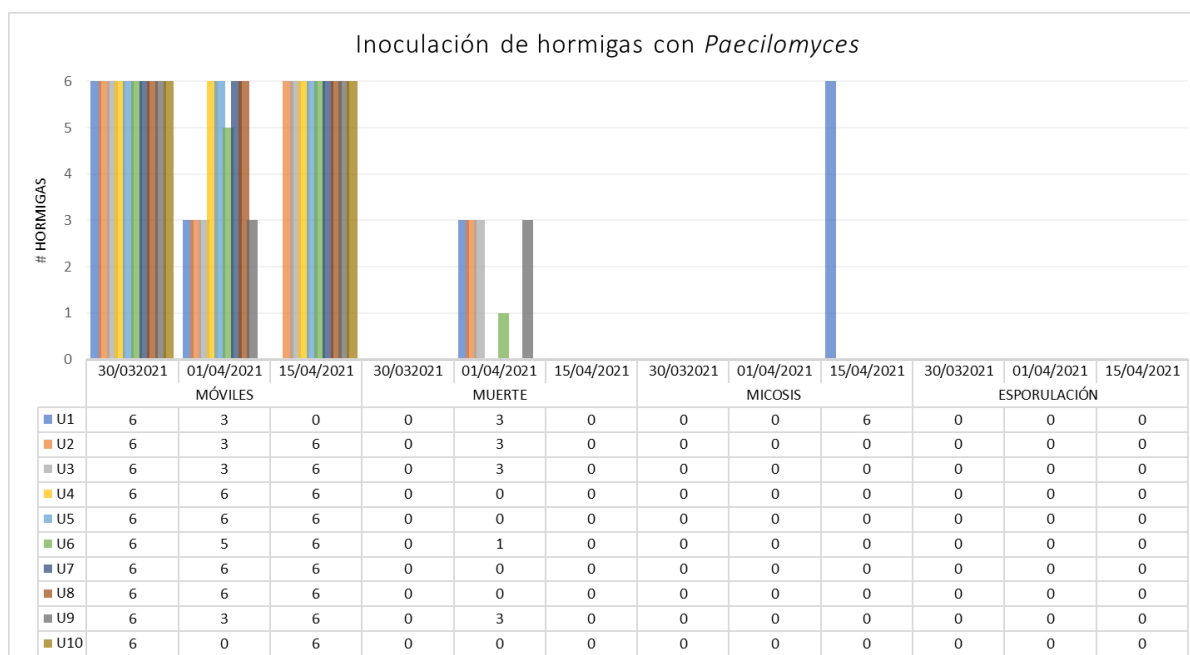


Figura 5. Monitoreo del proceso de activación de *Paecilomyces* en insecto trampa.

Vigorización de cepas

El monitoreo del crecimiento de *Metarhizium* se realizó mediante la medición del diámetro del micelio, en aproximadamente 7 días en las 3 cajas inoculadas el micelio había cubierto toda la superficie del medio mostrando vigor y homogeneidad en su crecimiento llegando a la esporulación (Figura 6), esto indica la respuesta adecuada al medio vigorizante pero también una confirmación de que se trabajó con una cepa activada. Las cajas con las cepas vigorizadas se almacenaron a 4°C para su posterior uso.

Cuadro 1. Diámetro de invasión del asilamiento nativo de *Metarhizium* expresado en centímetros en tres diferentes lotes de vigorización.

<i>Metarhizium anisopliae</i>			
Caja	Medición		
	25 mayo	29 mayo	2 junio
T0321-2	24	48	*
T0321-3	58	*	*
T0321-4	56	*	*
*Desarrolló un crecimiento que abarcó todo el círculo de la caja Petrí			

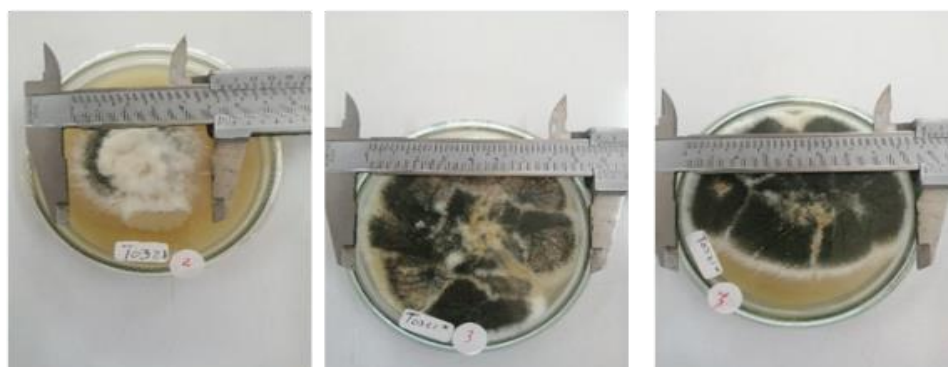


Figura 6. Monitoreo del crecimiento de *Metarhizium* en medio vigorizante.

CONCLUSIONES

De los aislamientos recuperados, activados y vigorizados el de *Metarhizium* fue el que mostró mayor adaptación, velocidad de crecimiento y esporulación homogénea. El insecto trampa que se utilizó en el presente trabajo no fue apto para lograr una esporulación homogénea y vigorosa el aislamiento de *Paecilomyces spp* solo logro recuperarse a nivel micelial. Por lo que se continuará evaluando medios de cultivo con fuentes de carbono y nitrógeno diferentes. El fotoperíodo y la inducción a un metabolismo de producción de destruxinas y enzimas involucradas en la penetración del exoesqueleto de insectos promueve una vigorización mayor y homogénea de los aislamientos. La importancia de vigorizar periódicamente los aislamientos con actividad entomopatógena es una práctica indispensable antes de iniciar cada ciclo con los trabajos de producción masiva de conidios; siendo muy importante la elección del insecto trampa más adecuado para cada aislamiento.

AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de las parcelas ejidales en los municipios de San Pedro de las Colonias y Matamoros Coahuila en las que se obtuvieron los aislamientos nativos por las facilidades para la obtención de muestras de suelo y captura de insectos.

LITERATURA CITADA

- Crispin Z. 2001 Manual de Producción y Conservación de Conidios de *Metarhizium anisopliae* con nombre comercial "BIO-META". Xocoyucan, Tlaxcala 24p.
- Culliney T.W. 2014. Crop Losses to Arthropods, in: D. Pimentel, R. Peshin (Eds.), Integr. Pest Manag., Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 201–225. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_8.
- Lacey, L.A., D. Grzywacz, D.I. Shapiro-Ilan, R. Frutos, M. Brownbridge, M.S. Goettel. 2015. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future, J. Invertebr. Pathol. 132 (2015) 1–41. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>.
- Mares de León, S G. 2016. Relación de Características Edafoclimáticas con la Expresión de Aislamientos Fúngicos Nativos Entomopatógenos. Trabajo de Grado de Maestría. Tecnológico Nacional de México Campus Torreón. Torreón Coahuila México.
- Ortiz-Urquiza, A., N. Keyhani. 2013. Action on the Surface: Entomopathogenic Fungi versus the Insect Cuticle, Insects. 4: 357–374. <https://doi.org/10.3390/insects4030357>.
- Sandhu S.S., H. Shukla, R.P. Aharwal, S. Kumar, S. Shukla. 2017. Efficacy of Entomopathogenic Fungi as Green Pesticides: Current and Future Prospects, in: D.G. Panpatte, Y.K. Jhala, R. V Vyas, H.N. Shelat (Eds.), Microorg. Green Revolut. Vol. 1 Microbes Sustain. Crop Prod., Springer Singapore, Singapore, 2017: pp. 327–349. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6241-4_17.
- Zimmermann G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*, Biocontrol Sci. Technol. 17 (2007) 553–596. <https://doi.org/10.1080/09583150701309006>.

ACTIVIDAD REPELENTE DE FITOEXTRACTOS VEGETALES EN CONTRA DE *Sitophilus zeamais* PLAGA DEL MAÍZ ALMACENADO

Héctor Hernández-Maruri¹

Lucila Aldana-Llanos²

Mariana Romero-Aguilar³

María Guadalupe Valladares-Cisneros³

¹Est. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos Av. Universidad 1001, Chamilpa, C.P. 62209. Cuernavaca, Morelos

²Laboratorio de Entomología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Carretera Yautepec-Jojutla Km. 6, AP 24, 62731 San Isidro, Yautepec, Morelos, México

³Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Chamilpa, C.P. 62209. Cuernavaca, Morelos
mg.valladares@uaem.mx

RESUMEN

Se evaluaron los fitoextractos metanólicos de *Ageratina aschemborniana*, *Ageratina glabrata*, *Ageratina pascuarensis*, *Crescentia alata*, *Dysphania ambrosioides* en su variedad verde y morada en contra de *Sitophilus zeamais* (plaga de maíz), para cada fitoextracto se determinó el índice de repelencia (IR). Los fitoextractos metanólicos de todas las especies vegetales se obtuvieron vía maceración. Mediante un dispositivo denominado “arena de libre elección” se determinó la actividad repelente de cada fitoextracto. Los fitoextractos con mayor actividad repelente en contra de *S. zeamais* fueron los de las ageratinas y el de *D. ambrosioides*. Sin embargo, los fitoextractos que provocaron alta repelencia (IR = 0.1) a las 24 h de tiempo de residencia en contra de *S. zeamais* fueron *Ageratina glabrata* en 0.78 mg fitoextracto/g de maíz y *D. ambrosioides* variedad verde en 0.68 mg de fitoextracto/g de maíz. El safrol está contenido en *D. Ambrosioides* y se ha reportado para este compuesto natural un potente efecto insecticida, por lo que la alta repelencia obtenida en este trabajo podría atribuirse a la posible presencia de safrol en el fitoextracto. Por otro lado, se observó que un efecto atrayente lo produjo *D. ambrosioides* variedad morada. Los resultados permiten concluir que los fitoextractos de *A. glabrata* y *D. ambrosioides* variedad verde, controlan y repelen eficientemente adultos de *S. zeamais* para proteger granos almacenados de maíz.

Palabras clave: Índice de repelencia, *Ageratina glabrata* y *Dysphania ambrosioides*

INTRODUCCIÓN

El manejo y conservación de granos almacenados ha tomado una gran importancia, pasando de ser un problema técnico a ser un tema de salud y, sobre todo, importancia económica, ya que la complejidad de este va desde su cultivo hasta su transporte y almacenamiento (Van Drieche *et al.*, 2007). Los granos almacenados son susceptibles de contaminarse, deteriorarse o ser atacados por plagas en cualquiera de estas etapas; lo que provoca grandes problemas económicos y de comercialización a pequeña o gran escala, tanto por el sector público como el privado (Malacalza, 2013).

Las pérdidas poscosecha de granos almacenados para nuestro país se estiman en alrededor del 20 a 30%. Sufren significativamente el ataque insectos que pertenecen a las familias de los coleópteros y lepidópteros. La temperatura suele contribuir en el desarrollo de los insectos, influyendo directa en su metabolismo y fisiología, México se caracteriza por ser un país con un clima agradable. Las temperaturas óptimas de desarrollo están entre 25 a 27°C, promoviendo así la fecundidad y

longevidad del adulto y en su ciclo de vida (Vázquez Badillo y Moreno Martínez, 2016). Los insectos causan daños considerables en granos almacenados, a nivel mundial se han reportado 227 especies que afectan estos productos. En México se han encontrado 66 especies atacando a granos almacenados de maíz (Guerrero *et al.*, 2003) y entre ellas está *Sitophilus zeamais*, conocido con el nombre común de gorgojo del maíz y es una de las plagas de granos almacenados más importantes porque es clasificado como plaga primaria, es decir, ataca directamente al maíz.

Las plagas de insectos suelen controlarse durante la cosecha mediante el uso de insecticidas o potentes agroquímicos. Sin embargo, en el almacenamiento de los granos no se tiene un método de control específico; en el control de insectos plaga de granos almacenados se realiza la fumigación de sustancias químicas como las fosfinas y bromuro de metilo, así como insecticidas químicos tales como organofosfatos y piretroides (Hagstrum y Phillips, 2017). Sin embargo, el excesivo y continuo uso de estos productos causa afecciones a la salud humana y a otros organismos vivos por no tener un blanco específico, contaminación al medio ambiente y favorecen que las plagas desarrollen resistencia (Nayak *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2017). Por lo tanto, el control químico de las plagas de granos almacenados representa un peligro y repercute negativamente en la calidad del grano y para los futuros consumidores.

En este contexto es necesario desarrollar alternativas de control con el uso de insecticidas naturales. Por lo que el estudio de insecticidas botánicos con actividad repelente, podría ser una alternativa eficaz para alejar a las plagas de los granos almacenados y de menor riesgo en la conservación de calidad, al no ser persistentes los productos botánicos, éstos pueden degradarse reduciéndose su actividad biológica y por lo que resultan amigables para el ambiente y seguros para el ser humano (Tlak Gajger y Dar, 2021; Singh *et al.*, 2021).

Las plantas producen de manera natural compuestos químicos volátiles a través de los cuales producen una defensa química en contra de insectos. Algunas plantas para las cuales se ha reportado su potencial insecticida y que nos permitimos mencionar son el extracto etanólico del rizoma de *Acorus colamus* fue evaluado como repelente en contra de *S. zeamais*, mostrando una fuerte actividad repelente a 629.08 mg/cm² (93.92%) (Yao *et al.*, 2008). Los estudios de toxicidad por contacto realizado al aceite esencial obtenido de las hojas de *Artemisa annua* (L) mostró una dosis letal media de 0.43 mg en adultos de *Tribolium castaneum* (Deb and Kumar, 2020). La fracción de baja polaridad de las hojas de *Duguetia Lanceolata* produjo a 1500 mg/L el 74% de mortalidad de adultos de *S. zeamais* (de Cássia *et al.*, 2020).

Por lo anterior y con la finalidad de generar conocimiento respecto de la actividad repelente de especies vegetales para el control de insectos plaga de granos almacenados. Se determinó la actividad repelente individual de los extractos metanólicos de *Ageratina glabrata*, *Ageratina pascuarensis*, *Ageratina pichichensis*, *Crescentia alata*, *Dysphania ambrosioides* (variedad verde), *Dysphania ambrosioides* (variedad morada) en contra de *Sitophilus zeamais* (Figura 1).



Figura 1. Especies vegetales estudiadas en contra del gorgojo plaga del maíz.

Algunos de los usos etnomedicinales que se reportan para las especies vegetales de interés se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Plantas medicinales comúnmente comercializadas en México.

Nombre científico	Nombre común	Uso etnomédico
<i>Ageratina glabrata</i>	Axihuitl	Desinflamatorio, Cicatrizante, para lavar heridas
<i>Ageratina pascuarensis</i>		
<i>Ageratina pichichensis</i>		
<i>Crescentia alata</i>	Cirián	Tratamiento de afecciones de vías respiratorias
<i>Dysphania ambrosioides</i> (verde)	Epazote	Desparasitante
<i>Dysphania ambrosioides</i> (morado)		Problemas hepáticos Especia alimenticia

MATERIALES Y MÉTODOS

Fitoextractos

Los fitoextractos fueron obtenidos procesando individualmente vía maceración las partes aéreas (tallos hojas y flores) secas de *Ageratina aschenborniana* (AAEM), *Ageratina glabrata* (AGEM), *Ageratina pascuarensis* (APEM), frutos de *Crescentia alata* (CAEM), partes aéreas de *Dysphania ambrosioides* variedad verde (DAVEM) y *Dysphania ambrosioides* variedad morada (DAMEM). En el proceso de maceración se emplearon tres disolventes de diferente polaridad hexano, acetona y metanol; aplicados en orden creciente de su polaridad. El extracto metanólico de cada especie vegetal fue el fitoextracto empleado en este trabajo para evaluar su actividad repelente en contra del gorgojo plaga del maíz.

Cría de insectos

La cría del insecto *Sitophilus zeamais* se desarrolló en maíz pozoléro *Zea mais* L., raza ancho, los granos orgánicos libres de plaguicidas fueron adquiridos en el Mercado municipal de Cuautla, Morelos. Los granos fueron previamente limpiados y almacenados a -4°C por 48 h para inhibir la posible contaminación del grano por huevos y larvas (para la realización de los bioensayos). La identificación del insecto fue realizada por la maestra María Idalia Cuevas-Salgado, profesor especialista en insectos de granos almacenados de laboratorio de entomología del Centro de Investigaciones Biológicas.

Se depositaron individualmente 1,000 g de frijol y de maíz en recipientes de plástico de 2 L (17 cm de altura y 10 cm de diámetro). Se introdujeron 50 hembras y 50 machos de la generación F1, de cada una de las especies de insecto, obtenidos de grano de frijol y maíz contaminado, esto con la finalidad de iniciar la cría en laboratorio. El grano y los insectos se mantuvieron a temperatura ambiente de 27°C, 50% de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 13:11.

Bioensayo de repelencia

La actividad repelente de los fitoextractos metanólicos de *A. glabrata*, *A. pascuarensis*, *A. pichichensis*, *C. alata*, *D. ambrosioides* (variedad verde), *D. ambrosioides* (variedad morada) en contra de *Sitophilus zeamais* se realizó a través de la metodología descrita por Tavares y Vendramim (2005) y Chávez-Díaz *et al.*, (2016). Se elaboró el dispositivo '*arena de libre elección*', formado por 5 cajas de plástico de 5.5 cm de diámetro, conectadas en forma diagonal a una placa central por mangueras plásticas de 10 cm de longitud formando una "X" (Figura 2).

En la caja central, se depositaron 20 escarabajos adultos de *Sitophilus zeamais*, en las cuatro cajas laterales se colocaron 10 g de maíz, en dos placas diagonales se colocaron los fitoextractos a evaluar, las otras dos placas estuvieron libres de fitoextracto (testigos). A las 24 h de establecido el bioensayo se contabilizó el número de insectos presentes por caja. Con los valores obtenidos se calculó el índice de repelencia (IR, Ec. 1).

$$IR = \frac{2T}{T+C} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde *T* corresponde al número de insectos presentes en los tratamientos y *C* corresponde al número de insectos presentes en los controles o testigos.

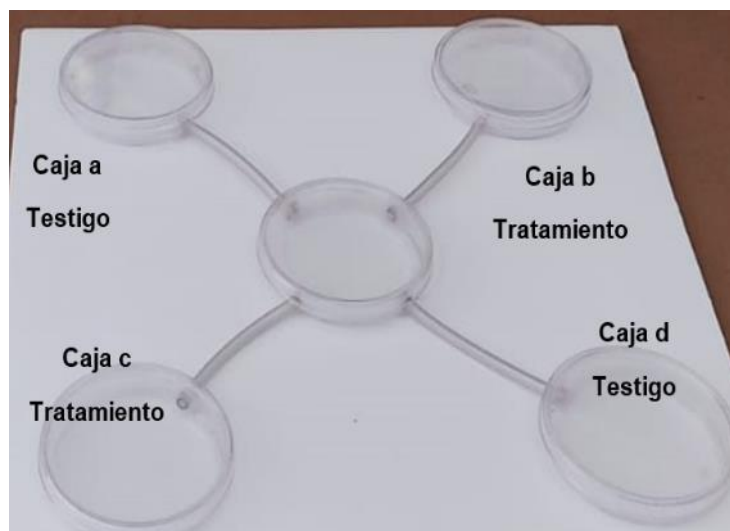


Figura 2. Dispositivo arena de libre elección de acuerdo a Tavares y Vendramim (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con valor de IR menor a 1, permitieron identificar a los fitoextractos con actividad repelente; tratamientos con IR de valor mayor a 1, se permitieron identificar a los fitoextractos con actividad atrayente. Aquellos tratamientos con IR de valor igual a 1, fueron considerados fitoextractos neutros.

De acuerdo a Mazzonetto y Vendramim (2003); los valores de IR menores de 1, evidencian a las sustancias con mayor efecto repelente. Sin embargo, Bustos *et al.*, 2017, realizaron una escala de repelencia para reclasificar en grado de repelencia los valores inferiores a 1, esta consideración complementa el índice de repelencia previamente reportado por Tavares y Vendramim (2005) y por Mazzonetto y Vendramim (2003); permitiendo distinguir el grado de eficacia de los tratamientos. En el Cuadro 2 se muestra la adaptación realizada al IR y se describe la escala de valores a través de la cual fue posible clarificar el grado o potencia de repelencia de los fitoextractos evaluados en contra de *S. zeamais*.

Cuadro 2. Escala de Intensidad de Repelencia*.

Valor de Índice de Repelencia	Categoría
≥ 1	Sin repelencia (Atrayente)
0.99 – 0.76	Débil repelencia
0.75 – 0.51	Moderada repelencia
0.50 – 0.26	Buena repelencia
0.25 – 0.00	Alta repelencia

*Modificada de Bustos *et al* (2017).

Las actividades repelentes de los fitoextractos bioevaluados en este trabajo de investigación en contra del gorgojo del maíz se muestran en el Cuadro 3. Los resultados permiten observar que la mayoría de los fitoextractos evaluados mostraron actividad repelente en contra de *S. zeamais* en un intervalo de 0.33 a 0.60. Las Ageratinas mostraron buena actividad repelente, y sólo *A. aschenborniana* produjo un 5% de mortalidad del gorgojo.

Pizarro *et al.*, (2013) mencionó que el polvo de *Peumus boldus*, otra especie vegetal con amplio uso medicinal, mostró un efecto repelente sobre adultos de *S. zeamais*, argumentando que los gorgojos adultos son capaces de detectar compuestos repelentes a través del olfato, a los cuales son sensibles y los evitan cuando tiene oportunidad de escoger.

Cuadro 3. Índice de repelencia (IR) de fitoextractos vegetales en contra de *Sitophilus zeamais*.

Tratamiento	[mg de extracto / g maíz]	IR	Grado de repelencia	% Mortalidad
AAEM	0.75	0.33	Buena	5
AGEM	0.78	0.10	Alta	0
APEM	0.64	0.32	Buena	0
CAEM	0.51	0.60	Moderada	50
DAMEM	0.55	1.30	Atrayente	11
DAVEM	0.68	0.10	Alta	5

AAEM = extracto metanólico de *Ageratina aschenborniana*, AGEM = extracto metanólico de *A. glabrata*, APEM = extracto metanólico de *A. pascuarensis*, CAEM = extracto metanólico de *Crescentia alata*, DAMEM = extracto metanólico de *D. ambrosioides* variedad morada y DAVEM = extracto metanólico de *Dysphania ambrosioides* variedad verde.

El fitoextracto de *C. alata* mostró moderada actividad repelente a la concentración evaluada, sin embargo, produjo el 50% de mortalidad del insecto, hecho que permite inferir un posible efecto tóxico sobre adultos de *S. zeamais*. Respecto a *D. ambrosioides* variedad verde, esta mostró alta actividad repelente, sin embargo, la variedad morada por el contrario mostró actividad atrayente y un provocó un 11% de mortalidad de los insectos adultos. Los resultados obtenidos con el uso de los fitoextractos de estas especies vegetales resultan ser prometedores por su alta repelencia, comparados con los resultados obtenidos con el empleo de aceites esenciales de tomillo, menta y orégano que reportaron Chávez-Díaz *et al.*, (2016).

Los índices de repelencia obtenidos en este trabajo resultan interesantes y permiten establecer las bases para continuar con el estudio de los fitoextractos aquí mencionados, para distinguir los metabolitos químicos responsables de la actividad repelente en contra de los adultos de *S. zeamais*.

CONCLUSIONES

Los fitoextractos metanólicos de *A. aschenborniana*, *A. glabrata*, *A. pascuarensis* y *D. ambrosioides* variedad verde; ejercieron un efecto repelente de bueno a alto en contra de *S. zeamais*. El fitoextracto metanólico de *C. alata* ejerció un moderado efecto repelente y el 50% de mortalidad del insecto. El fitoextracto metanólico de *D. ambrosioides* variedad morada fue el único fitoextracto que produjo actividad atrayente para *S. zeamais*.

Es notable considerar la actividad repelente de los fitoextractos evaluados en contra de *S. zeamais*, podrían ser considerados como una alternativa de control amigable para evitar plagas de gorgojos en maíz almacenado.

LITERATURA CITADA

- Bustos, G., G. Silva, S. Fisher, I. Figueroa, A. Urbina, y J- C. Rodríguez. 2017. Repelencia de mezclas de aceites esenciales de boldo, laurel chileno y tepa contra el gorgojo del maíz. *Southwestern Entomologist*, 14(2): 551-562.
- Chávez-Díaz, G., M. E. Valdés-Estrada, M. C. Hernández-Reyes, M. Gutiérrez-Ochoa, y M. G. Valladares-Cisneros. 2016. Aceites Esenciales para Controlar *Acanthoscelides obtectus* (Say) y *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) Plagas de Granos Almacenados, *Rev. Mexicana Agroecosistemas*, 3: 99-107.
- de Cássia Domingues, V., L. do Prado Ribeiro, G. L. P. Gonçalves, M. R. Forim, J. B. Fernandes, y J. D. Vendramim. 2020. Grain-protectant compounds from *Duguetia lanceolata* (Annonaceae) derivatives: Bioassay-guided searching and toxicity against the maize weevil. *Journal of Stored Products Research*, 85, 101549.
- Deb, M., y D. Kumar. 2020. Bioactivity and efficacy of essential oils extracted from *Artemisia annua* against *Tribolium castaneum* (Herbst. 1797)(Coleoptera: Tenebrionidae): an eco-friendly approach, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 189: 109988.
- Guerrero, E., L. Silva, J. Corrales. 2003. Susceptibilidad de *Sitophilus zeamais* a insecticidas y butoxido de piperonilo en dos sustratos alimenticios. *Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica)*, 67: 51-57.
- Hagstrum, D. W., y T. W. Phillips. 2017. Evolution of stored-product entomology: protecting the world food supply. *Annu. Rev. Entomol.*, 62, 379e397.
- Kim, K. H., E. Kabir, y S. A. Jahan. 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.*, 575, 525e535.
- Mazzonetto, F., y J. Vendramim. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotrop. Entomol.*, 32(1):145-149.
- Nayak, M. K., G. J. Daglish, T. W. Phillips, y P. R. Ebert. 2019. Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: a global perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 65, 333e350.
- Pizarro, D., G. Silva, M. Tapia, J. C. Rodríguez, A. Urbina, A. Lagunes, C. Santillán-Ortega, A. Robles-Bermúdez, y S. Aguilar-Medel. 2013. Actividad insecticida del polvo de *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae) contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12(4), 420-430.
- Singh, K. D., A. J. Mobolade, R. Bharali, D. Sahoo, y Y. Rajashekar, 2021. Main plant volatiles as stored grain pest management approach: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 100127.
- Tavares, M., y D. Vendramim. 2005. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Neotrop. Entomol.*, 34(2): 319-323.
- Tlak Gajger, I., y D. A. Dar. 2021. Plant allelochemicals as sources of insecticides. *Insects*, 12, 189.
- Vázquez Badillo, M. E., y E. Moreno Martínez. 2016. Post-cosecha de granos. *Claridades Agropecuarias*, 271, 3-6
- Yao, Y., W. Cai, C. Yang, D. Xue, y Y. Huang. 2008. Isolation and characterization of insecticidal activity of (Z)-asarone from *Acorus calamus* L, *Insect Sci.*, 15(3): 229-236.

EFFECTO DE DOS TIPOS DE MIEL SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO

Pablo Santiago Sánchez-Azcorra¹
Felipe de Jesús González-Rodríguez²
Esmeralda Cázares-Sánchez¹
Víctor Manuel Interián-Ku¹
Víctor Eduardo Casanova-Villarreal¹
Fernando Ernesto Olvera-Tec¹
Elio Antonio Ávila-Chable¹

¹Tecnológico Nacional de México-Campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya

²Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
psanaz@hotmail.com

RESUMEN

La aspersión foliar con miel de abeja resulta estratégica para mejorar la eficiencia en crecimiento de plántulas de buena calidad. El objetivo fue analizar la eficiencia de miel de abeja europea y melipona en plántulas de chile habanero en crecimiento. Se realizó en el invernadero del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo, México. La siembra y emergencia de semillas en *peatmoss*[®] perduró siete días, instalando nueve tratamientos (n=4) en bloques al azar; la aspersión foliar de mieles de abeja 1 y 2% v,v más solución Steiner 50% fue durante la mañana cada segundo día. El mejor crecimiento se tuvo en los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9 cuando recibieron aspersión foliar de ambas mieles 1 y 2% v,v y riego con solución Steiner 50%; el menor crecimiento se tuvo en T2, T3, T4 y T5 al adicionar riego con solución Steiner 50% más ambos tipos de miel 1 y 2% v,v y también recibir su aspersión foliar. Se tuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos en altura, diámetro tallo, volumen de raíces, área foliar. Se concluye que la aspersión foliar de miel de abeja europea y melipona más riego con solución Steiner 50% es eficiente para mejorar la calidad en crecimiento plántulas de chile habanero.

Palabras clave: *Capsicum*, fertilización, calidad

INTRODUCCIÓN

Existen evidencias precisas que el daño a la biosfera se ha intensificado, razón por lo cual aparece la urgencia de analizar alternativas eficientes y potenciales para regular la conservación, preservación y uso de recursos naturales en condición sustentable (Domínguez *et al.*, 2019). Al respecto, la miel de abeja por su excelente soporte de componentes es consumida como aditamento en la alimentación humana (Ulloa *et al.*, 2010; Prior, 1989); sin embargo, en condiciones articuladas al crecimiento y nutrición de plántulas para hortalizas, limitadamente se informan algunos artículos de investigación donde explican del significativo contenido de carbohidratos y la presencia de hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y otros constituyentes orgánicos, que le adjudican a la miel de abeja un potencial que merece ser estudiado en la producción sustentable de plántulas hortofrutícolas.

El producir plántulas de buena calidad resulta estratégico para aumentar productividad y competitividad de especies hortofrutícolas, entre sus principales atributos destacan la calidad física, fisiológica, genética y sanitaria que le permiten aclimatarse bajo ambientes de estrés en invernadero o campo desde su germinación hasta postcosecha. La aspersión foliar de miel de abeja 2% como complemento a la nutrición mineral, ha demostrado que incrementa la calidad de frutas y hortalizas; en ornamentales aumenta el vigor y color de flor, así como el control de patógenos (Joseph *et al.* 2002; Betancourt-

Olvera *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2006). Esta combinación de solución mineral y aplicación de compuestos orgánicos como la miel de abeja o aminoácidos (aminofit) conforman una nutrición organomineral (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011). Su efecto no se ha experimentado en producción de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). El vigor de plántulas de chile habanero es altura 15-25 cm, diámetro de la base del tallo dos a tres mm, número de hojas cuatro a siete, volumen de raíces 0,29 cm³, área foliar 49 cm², estado nutricional y sanitario, estas características muestran ser potenciales para tener éxito en el trasplante en invernadero y campo (Reveles-Hernández *et al.*, 2010). El tiempo de germinación y emergencia de plántulas en chile habanero es siete a nueve días, puede depender de la capacidad germinativa de semillas, pero al agotar sus reservas nutritivas la semilla y con aparición del primer par de hojas verdaderas a los 12 días después de sembrar semillas de chile habanero, la plántula demanda complementos de nutrimentos por vía raíces o foliar. El objetivo del estudio fue analizar la eficiencia de la miel de abeja europea (*Apis mellifera*) y abeja melipona (*Melipona beecheii*) como complemento sustentable de nutrimentos para el crecimiento de plántulas en chile habanero (*C. chinense* Jacq.) de buen tamaño y vigor, características que le confieren mejor condición al momento de trasplante en campo o invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero tipo vertitúnel del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, ejido Juan Sarabia del Municipio de Othón Pompeyo Blanco en el Estado de Quintana Roo. Para el crecimiento de plántulas, se estableció la siembra de semillas proveniente de una población nativa de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) colectada en el municipio de Valladolid, Estado de Yucatán, México en 2009 y multiplicada año tras año en el área de experimentación agrícola del Instituto Tecnológico de la Zona Maya en Quintana Roo, México. Se utilizaron 36 charolas germinadoras con 200 cavidades, rellenas con sustrato comercial *peatmoss*®; en cada cavidad fue colocada una semilla. Las charolas germinadoras fueron cubiertas con una lona. Al iniciar la emergencia de plántulas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.), las charolas fueron remitidas al invernadero. La emergencia total finalizó a los nueve días dentro del invernadero, a partir de los 12 días después de la emergencia y con la aparición de las dos primeras hojas verdaderas en el total de las plántulas germinadas de chile habanero se inició la aplicación de las mieles de abeja y solución nutritiva Steiner 50% de acuerdo a nueve tratamientos y sus cuatro repeticiones (Cuadro 1). Los nueve tratamientos se aplicaron cada segundo día entre ocho y diez de la mañana a punto de goteo; esta frecuencia de aplicaciones de las mieles y riegos con solución Steiner 50% dio inicio al día 25 después de la siembra hasta completar 45 días de crecimiento y desarrollo de plántulas de chile habanero. En total se realizaron 10 aplicaciones de las mieles de abeja *Apis mellifera* y *Melipona beecheii* de acuerdo a los nueve tratamientos programados y distribuidos en bloques completos al azar sobre las mesas metálicas en el invernadero.

Se manejó un total de 36 unidades experimentales; cada unidad experimental consistió en una charola germinadora con 200 plántulas; de la parte central de cada charola germinadora se marcaron 60 plántulas y se evaluaron, colectaron y muestrearon 30 plantas (50%) por tratamiento y repetición. Los muestreos se realizaron a los 45 días después de la siembra. Las variables que fueron evaluadas son: medición del diámetro de la base del tallo (DT) con un vernier digital marca Trupper, altura de la plántula (A) fue medida desde la parte basal hasta el meristemo apical con un escalímetro metálico (escala 1:100), volumen de raíces (VR) con una probeta graduada de 25 ml marca Pyrex, área foliar (AF) con integrador de área foliar (LICOR, LI-3000).

Cuadro 1. Tratamientos de miel de abeja para el crecimiento de plántulas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo. México.

Tratamiento	Descripción	Clave
1	Riego Steiner 50%	RS50
2	Riego Steiner 50% y miel de abeja europea 1% + foliar 1%	RS50ME1+F1
3	Riego Steiner 50% y miel de abeja europea 1% + foliar 2%	RS50ME1+F2
4	Riego Steiner 50% y miel de abeja melipona 1% + foliar 1%	RS50MM1+F1
5	Riego Steiner 50% y miel de abeja melipona 1% + foliar 2%	RS50MM1+F2
6	Riego Steiner 50% + foliar miel de abeja europea 1%	RS50+FE1
7	Riego Steiner 50% + foliar miel de abeja europea 2%	RS50+FE2
8	Riego Steiner 50% + foliar miel de abeja melipona 1%	RS50+FM1
9	Riego Steiner 50% + foliar miel de abeja melipona 2%	RS50+FM2

RS50 Riego Steiner 50%. ME1 y 2 Miel Europea 1 y 2%, F1 y 2 Foliar 1 y 2%, MM 1 y 2 Miel Melipona 1 y 2%.

La miel de abeja se recolectó de la producción de apiarios ubicados en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México, procedente de la floración tajonal (*Viguiera dentata*), también llamada tah o taj. Nombre en maya: taj, sak xo' xiiw. Inglés: sunflower goldeneye, toothleaf goldeneye, plateau goldeneye (Souza *et al.*, 1981) tanto de abeja europea (*Apis mellífera*) como de abejas meliponas (*Melipona beecheii*) (González-Acereto y Quezada-Euán, 2010). Su caracterización física-química se realizó en el Laboratorio Central Regional de Mérida, Yucatán en el área de Inocuidad Alimentaria.

La solución nutritiva al 50% de fuerza iónica se preparó con fuentes de macronutrientes y micronutrientes considerando las fórmulas comerciales de fertilizantes que se distribuyen directamente en la Península de Yucatán México, región sur de Quintana Roo de acuerdo con la formula universal propuesta por Steiner (1984).

Los análisis de varianza (ANOVA), la comparación de pruebas de medias de Tukey ($p \leq 0,05$) y las correlaciones de las variables se realizaron con el programa estadístico Statistic Six Sigma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tradicionalmente a los 45 días después de la siembra de semillas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) estas se consideran plántulas listas para trasplantar en campo o invernadero ya que presentan una altura de 12 a 15 cm, tres a cinco pares de hojas verdaderas y su practicable extracción del volumen de raíces desarrolladas. Sin embargo, en el presente trabajo las plántulas de 45 días de chile habanero ya mostraban diferencias significativas en vigor, desarrollo y la intensidad de color verde entre los nueve tratamientos de mieles de abeja europea (*Apis mellífera*) y melipona (*Melipona beecheii*) al 1 y 2% v.v, aunque el mejor crecimiento en plántulas de chile habanero se obtuvo en los tratamientos con la aspersión foliar de miel de abeja y el riego con solución Steiner 50% de su concentración total; en tanto el menor crecimiento de plántulas de chile habanero se presentó en los tratamientos con la aspersión foliar de las mieles de abeja y el riego con solución Steiner 50% de su concentración total incorporándole los dos tipos de miel al 1 y 2% v.v.

También se observó durante la medición de las variables de respuesta, que las plántulas de chile habanero no tuvieron un cuadro sintomático originado por algún patógeno que pudieran alterar los resultados.

Diámetro de la base del tallo en plántula de chile habanero

El diámetro de la base del tallo (DT) varió desde 1,74 mm.p⁻¹, en las plántulas de chile habanero desarrolladas en sustrato *peatmoss*® por efecto del riego al incorporar mezclas de solución de miel de abeja europea y melipona 1 y 2% v.v con solución Steiner 50% más aspersión foliar de las mieles de abeja europea y melipona 1 y 2% v.v, hasta 2,71 mm.p⁻¹ en las plántulas que crecieron en sustrato *peatmoss*® regadas solo con solución Steiner 50% y aspersión foliar de las mieles de abeja europea y melipona 1 y 2% v.v.

El análisis estadístico tuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). El DT de plántulas de chile habanero en los tratamientos T6, T7, T8 y T9 fueron estadísticamente iguales al T1 pero tuvieron diferencias estadísticas con los tratamientos T2, T3, T4 y T5. El mayor diámetro del tallo fue 2,71 mm.p⁻¹ del T6 mientras que el menor diámetro del tallo fue 1,74 mm.p⁻¹ del T3 (Figura 1).

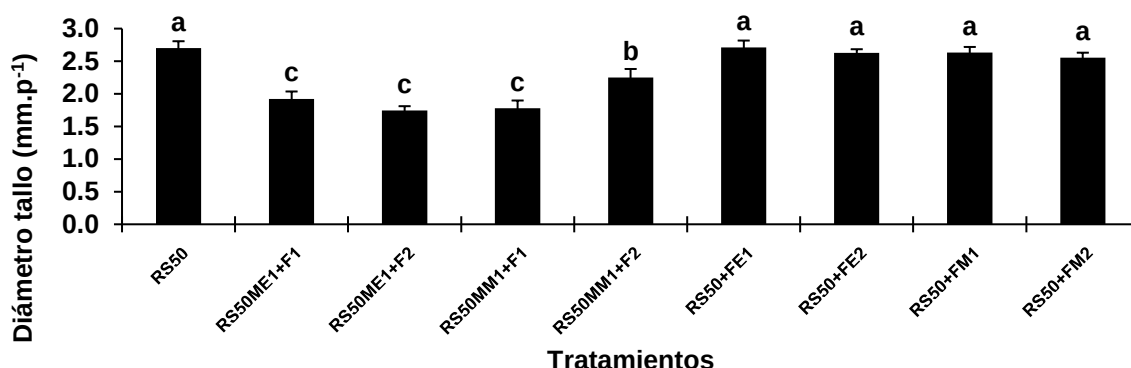


Figura 1. Efecto miel abeja sobre diámetro tallo en plántulas chile habanero (*C. chinense* Jacq.). RS50 Riego Steiner 50%. ME1 y 2 Miel Europea (*Apis mellifera*) 1 y 2%, F1 y 2 Foliar 1 y 2%, MM 1 y 2 Miel Melipona (*Melipona beecheii*) 1 y 2%. Medias con similares literales son estadísticamente iguales.

Altura de la plántula en chile habanero

La altura (A) de las plántulas de chile habanero presento diferencias altamente significativas entre los nueve tratamientos por efecto de la aplicación foliar de la miel de abeja europea y melipona ($p < 0,05$). La mayor altura 23 cm.p⁻¹ la tuvo el T1 esto es 68% superior a la menor altura 7 cm.p⁻¹ del T3. Las mayores alturas de los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9 fueron estadísticamente iguales cuando las mieles de abeja europea y melipona 1 y 2% v.v se aplicó en forma foliar y solo se regó con solución Steiner 5%, mientras que las menores alturas de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron estadísticamente iguales cuando se incorporaron al riego las mieles de abeja con la solución Steiner 50% y la aspersión foliar de los dos tipos de miel 1 y 2% v.v, (Figura 2).

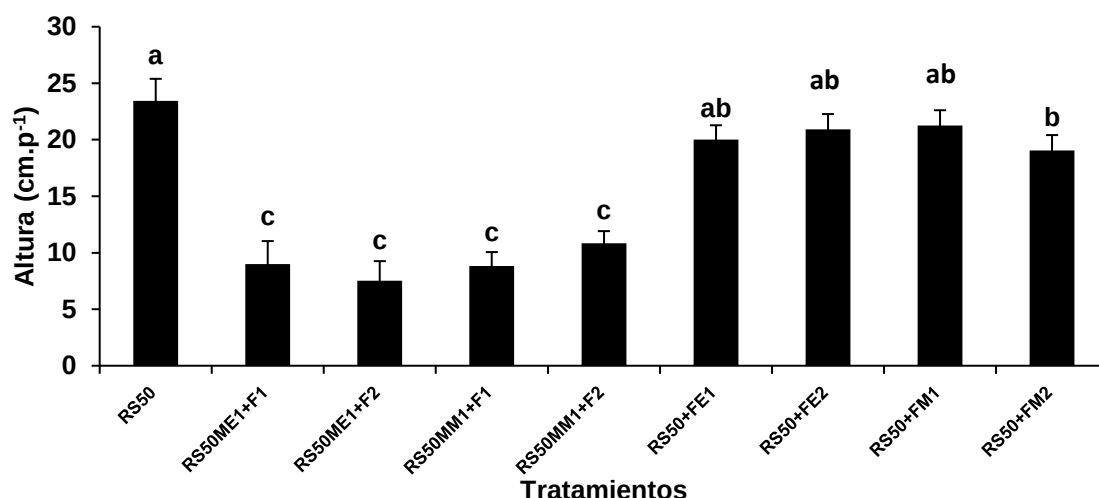


Figura 2. Efecto miel abeja sobre altura en plántulas chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo. México. RS50 Riego Steiner 50%. ME1 y 2 Miel Europea (*Apis mellifera*) 1 y 2%, F1 y 2 Foliar 1 y 2%, MM 1 y 2 Miel Melipona (*Melipona beecheii*) 1 y 2%. Medias con similares literales son estadísticamente iguales.

Volumen de raíces

El volumen de raíces (VR) de las plántulas de chile habanero tuvo diferencias altamente significativas entre los nueve tratamientos por efecto de la aplicación foliar de miel de abeja ($p < 0,05$). El mayor VR $0,29 \text{ cm}^3.\text{p}^{-1}$ lo tuvo el T7 esto fue 86% superior al VR $0,04 \text{ cm}^3.\text{p}^{-1}$ del T3. Hubo correlación positiva y significativa del volumen de raíces con diámetro de tallo, altura y área foliar (Cuadro 5). Los mayores volúmenes de raíces se tuvieron en los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9 fueron estadísticamente iguales cuando la miel de abeja se aplicó en forma foliar y solo se regó con solución Steiner, mientras que los menores volúmenes de raíces se tuvieron en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron estadísticamente iguales cuando se aplicó la miel de abeja en forma foliar y se regó con solución Steiner más miel de abeja (Figura 4).

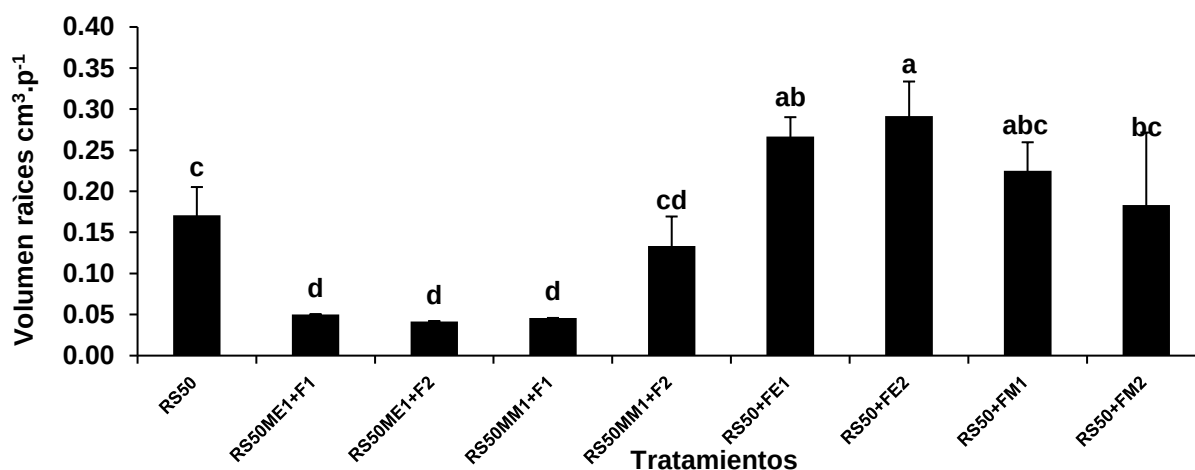


Figura 4. Efecto miel abeja sobre volumen de raíces en plántulas chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo. México. RS50 Riego Steiner 50%. ME1 y 2 Miel Europea (*Apis mellifera*) 1 y 2%, F1 y 2 Foliar 1 y 2%, MM 1 y 2 Miel Melipona (*Melipona beecheii*) 1 y 2%. Medias con similares literales son estadísticamente iguales.

Área foliar

El área foliar (AF) de las plántulas de chile habanero tuvo diferencias altamente significativas entre los nueve tratamientos por efecto de la aplicación foliar de miel de abeja ($p < 0.05$). La mayor AF $49 \text{ cm}^2 \cdot \text{p}^{-1}$ la tuvo el T1 esto fue 98% superior a la menor AF $9 \text{ cm}^2 \cdot \text{p}^{-1}$ del T3. Las mayores áreas foliares de los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9 fueron estadísticamente iguales cuando la miel de abeja se aplicó en forma foliar y solo se regó con solución Steiner 50%, mientras que las menores AF de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 fueron estadísticamente iguales cuando se aplicó la miel de abeja en forma foliar y se regó con solución Steiner más miel de abeja (Figura 5).

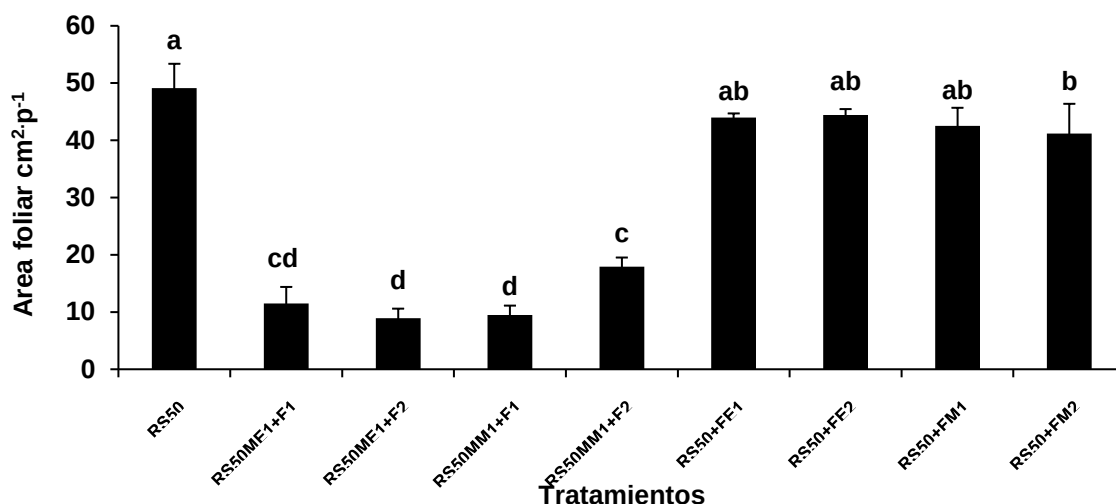


Figura 5. Efecto miel abeja sobre área foliar en plántulas chile habanero (*C. chinense* Jacq.) en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo, México. RS50 Riego Steiner 50%. ME1 y 2 Miel Europea (*Apis mellifera*) 1 y 2%, F1 y 2 Foliar 1 y 2%, MM 1 y 2 Miel Melipona (*Melipona beecheii*) 1 y 2%. Medias con similares literales son estadísticamente iguales.

En la curva de crecimiento de la planta de chile se distinguen 3 etapas: La primera, una fase inicial o logarítmica, donde la planta joven cuenta con un área foliar y un sistema radical reducido. La segunda, una fase vegetativa o exponencial donde el crecimiento es rápido y el poder de asimilación de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan. La tercera es una fase de estabilización, donde después del inicio de la fructificación ocurre una disminución del crecimiento hasta estabilizarse (Azofeifa y Moreria, 2008; Ryłski, 1986). Existen reportes del análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica donde las plantas presentaron una curva de crecimiento sigmoideal, con las siguientes fases: a- de 26-82 DDS: esta fase se caracterizó por un crecimiento lento, debido a que la planta era muy pequeña y apenas estaba desarrollando su sistema radical y foliar; b- de 83-110 DDS: fase de rápido crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas (Azofeifa y Moreira, 2004).

La aspersión foliar de ambas mieles incrementó el crecimiento y desarrollo de plántulas de chile habanero diámetro de la base del tallo 36%, la altura 68%, el área foliar 98%, de acuerdo a los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9; en comparación con el menor crecimiento y desarrollo de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 con ambos tipos de miel combinados al riego con solución Steiner 50%.

Varios autores han reportado mayor crecimiento en plántulas por efecto de la aspersión foliar de miel de abeja, Villegas *et al.* (2001) en plántulas de tomate; Villegas *et al.*, 2005 en tomate; en la ornamental flor de liliu cv. Stargazer Betancourt-Olvera *et al.* (2005) señalan que la miel actúa como promotor del crecimiento vegetal porque contiene una elevada cantidad de carbohidratos, presencia de hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y otros constituyentes orgánicos; Rodríguez-Mendoza *et*

al., 2011 en tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) cv Golden Apeldoorn; Espinoza-Victoria et al. (2016) plántulas de brócoli, lechuga y tomate, aunque en cebolla no se observó el mismo crecimiento. Se ha aceptado que con la aplicación foliar de miel sus componentes (minerales, vitaminas, aminoácidos, enzimas, entre otros) son absorbidos por la planta en una etapa donde la demanda nutrimental es alta (Ulloa et al., 2010). El uso de la miel de abeja como fuente orgánica de nutrimentos para los cultivos es inciertamente nuevo, y hasta el momento no se está al corriente con claridad cuáles de sus componentes en forma aislada o en interacción favorece el desarrollo de los cultivos y la resistencia a enfermedades, pero en varios estudios se han observado respuestas favorables a esta aplicación (Gómez et al., 2006; Ramírez et al., 2006; Medel, 2007).

CONCLUSIONES

El presente trabajo aporta resultados para reforzar la producción sustentable en plántulas de chile habanero con la miel de abeja para impulsar su buena calidad. Aun cuando los incrementos fueron generalizados en la altura, área foliar, peso seco, diámetro de tallo y volumen radical de las plántulas de chile habanero, la aspersión foliar de miel de abeja 2% y el riego de una solución Steiner 50% son buenas opciones para la producción sustentable de plántulas de chile habanero, beneficiando los elementos de intervención que tienen como impulsores del desarrollo de plantas, por lo tanto, es prometedor y viable su utilidad. Además de una tendencia a mejorar el vigor de la plántula de chile habanero.

Bajo condiciones protegidas, asperjar a punto de rocío sobre todo el vástago cada segundo día por la mañana con miel de abeja 1 y 2% v,v, y regar el sustrato *peatmoss*® con una solución nutritiva Steiner 50% de su concentración total propicio mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de la plántula de chile habanero.

LITERATURA CITADA

- Azofeifa, A., y A. Moreira, M. 2008. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. Cv. hot) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 32(1): 19-29.
- Azofeifa, A., y A. Moreira, M. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía. Costarricense*, 28(1), 57-67.
- Betancourt-Olvera, M., E.A. Gaytán-Acuña, M. Sandoval-Villa, M.N. Rodríguez-Mendoza. 2005. Fertilización foliar una herramienta en el desarrollo del cultivo de liliun cv. Stargazer. *Revista Chapingo serie Horticultura*, julio-diciembre, 371-378.
- Domínguez, R., M. León, J.L. Samaniego, O. Sunkel. 2019. Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad; 70 años de pensamiento de la CEPAL. Jeannette Sánchez, Coordinadora. Libros de la CEPAL, N° 158 (LC/PUB.2019/18-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 282 p.
- Espinoza-Victoria, D., W. Cruz-Romero, M. de Las N. Rodríguez-Mendoza, J.M. Barrios Díaz, J, L, Tirado-Torres. 2016. Producción de plántulas de hortalizas con *Azospirillum* sp. y aspersión foliar de miel de abeja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Enero-Febrero, 59-70.
- Gómez, C. R., M. N. Rodríguez M., E. Cárdenas S., M. Sandoval V. y M. T. Colinas L. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:69-75.

- González-Acereto, J. A., y J. J. G. Quezada-Euán. 2010. Producción tradicional de miel: abejas nativas sin aguijón (trigonas y meliponas). CICY. Usos de la Biodiversidad. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán, 382-384.
- Joseph, L. D., M. N. Rodríguez M., P. Sánchez G., A. Mora, E. Cárdenas S. 2002. Foliar Fertilization of mango (cv Haden) for the control of malformation. *Acta Horticulturae* 594: 667–674.
- Medel, M. E. 2007. Fertilización foliar orgánica y fuentes de nitrógeno en cebolla para inducir resistencia a *S. cepivorum* Berk. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. de México. 88 p.
- Prior, C. M. L. 1989. La Miel en la Alimentación Humana. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Ramírez, F. J., D. L. Ochoa M., M. N. Rodríguez M. y G. Mora A. 2006. Efecto del ácido acetil salicílico, miel y melaza en la movilidad y concentración de TSW. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:239-243.
- Reveles-Hernández, M., S. Huchín-Alarcón, R. Velásquez-Valle, R. Trejo-Calzada, y J. Ruiz-Torres. 2010. Producción de Plántula de Chile en Invernadero. Folleto Técnico Núm. 41. Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP, 40p.
- Rodríguez-Mendoza, M. de las N., B. Osorio-Rosales, L. I. Trejo-Téllez, M. de L. Arévalo-Galarza, y A.M. Castillo-González. 2011. Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3):117-127. Recuperado en 19 de septiembre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000300004&lng=es&tlng=es.
- Rylski, I. 1986. Pepper (*Capsicum annuum*) In: Handbook of fruit set and development. CRC. UK. p. 341-353.
- Souza, N. N., Barrera, V. A., Suárez, M. V. M. 1981. Plantas melíferas y poliníferas de Yucatán. Fondo Editorial de Yucatán, Yucatán, México.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Proceedings of Sixth International Congress on Soiless Culture Lunteren. M. G. Urrestarazu (ed.). 29 April-5 May, Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Ulloa J. A., P. M. Mondragón, C. R. Rodríguez, J. A. Reséndiz y P. Rosas. 2010. La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, año 2 (4):11-18.
- Villegas, T. O. G., Rodríguez, M. N., Trejo, T. L., Alcantar, G. G. 2001. Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra*, 19 (1):97-102.
- Villegas, T. O. G., Sánchez, G. P., Baca, C. G. A., Rodríguez, M. N., Trejo, C. M., Villa, S. M., Cárdenas, S. E. 2005. Crecimiento y estado nutricional de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra* 23:49-56.

EFFECTO DEL BIOCARBÓN DE CÁSCARA DE NARANJA SOBRE LA FERTILIDAD DE TRES DIFERENTES SUELOS

Luis Alan Galindo-Segura¹
 Arturo Pérez-Vázquez¹
 Cesáreo Landeros-Sánchez¹
 Alejandra Ramírez-Martínez¹
 Fernando Carlos Gómez-Merino²

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz

²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba
 galindo.luis@colpos.mx

RESUMEN

El cambio climático acelera la degradación de los suelos, y pone en riesgo la productividad de los agroecosistemas. Por ello, es necesario explorar alternativas tecnológicas que contribuyan a paliar la pérdida de fertilidad y al mismo tiempo se reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero que provocan el cambio climático. En este sentido, la aplicación de biocarbón en el suelo puede contribuir a contrarrestar la degradación del suelo, restaurar la fertilidad y secuestrar carbono. El objetivo fue determinar el efecto de la adición de biocarbón de cáscara de naranja en distintas dosis sobre las propiedades físicas y químicas en tres diferentes tipos de suelo. El biocarbón de cáscara de naranja resultó estar constituido en un 54% de carbono, por tanto, puede considerarse como una enmienda agronómica con la aptitud de mitigar el cambio climático. Por otro lado, la adición de biocarbón en distintas tasas incrementó significativamente todas las propiedades edáficas. Esto indica que este material carbonoso es una valiosa alternativa para promover la fertilidad de los suelos, y ser una estrategia viable para la gestión de este tipo de residuo frutal. El biocarbón de cáscara de naranja puede mejorar la fertilidad del suelo, reciclar residuos agrícolas y tener efectos positivos en el ambiente y la agricultura.

Palabras clave: biocarbón, naranja, pirolisis

INTRODUCCIÓN

La agricultura y el cambio climático antropogénico guardan una estrecha relación, ya que esta actividad primaria es el responsable anualmente de la cuarta parte de la emisión de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera (IPCC, 2019). A su vez, el cambio climático puede acelerar la declinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos lo que provoca la pérdida de fertilidad (Brevik, 2013). Esto, junto con las modificaciones sustanciales en los regímenes de precipitación y temperatura globales, ponen en riesgo la salud alimentaria de la población (FAO *et al.*, 2018).

La aparición de deficiencias nutrimentales ocasionadas, entre otros, por la pérdida de fertilidad del suelo y particularmente por la pérdida de la materia orgánica, reduce los rendimientos que de los agroecosistemas (Rebolledo *et al.*, 2016). Aunado a una gestión sustentable del sistema edáfico, es necesario buscar alternativas tecnológicas que contribuyan a paliar la pérdida de la fertilidad mientras que al mismo tiempo se reduzcan las emisiones o se capturen GEI de manera significativa. Es por ello relevante reorientar y transformar los sistemas productivos agrícolas en orden de procurar la seguridad alimentaria de la población dentro del contexto del cambio climático (Tschakert y Dietrich, 2010).

En este sentido, la aplicación de biocarbón en el suelo se ha propuesto como una alternativa que puede contribuir a contrarrestar la degradación del suelo, restaurar la fertilidad, secuestrar carbono, y al mismo tiempo es una medida útil para la gestión de residuos orgánicos (Jeffery *et al.*, 2015). El biocarbón es un material carbonoso y de estructura altamente porosa, producto de la conversión termoquímica (pirólisis) de la biomasa residual (Lehmann y Joseph, 2009).

El biocarbón utilizado como enmienda edáfica; aumenta la porosidad del suelo y promueve la circulación del aire y agua, lo que mejora el acceso de nutrientes y oxígeno al sistema radicular (Masiello *et al.*, 2005). También, es un gran hábitat para muchos microorganismos benéficos, como las micorrizas, que participan en la simbiosis con el sistema radicular (Lehmann *et al.*, 2011). Todo esto contribuye al crecimiento y desarrollo de las plantas, que se traduce en un incremento directo de los rendimientos (Biederman y Harpole 2013; Lehmann y Joseph, 2015).

El biocarbón se produce con la intención de generar un mejorador de suelo y secuestrar CO₂. Las formas de carbono almacenado en la estructura del biocarbón son altamente resistentes a la degradación fisicoquímica. La oxidación y degradación del carbono en el biocarbón es 10-100 menor que el almacenado en otras enmiendas orgánicas (Zimmerman, 2010). Esto significa que el tiempo de retorno del carbono a la atmósfera se ve ralentizado significativamente, lo que se traduce en reducciones netas de CO₂ (secuestro de carbono) (Woolf *et al.*, 2010). Se puede resumir que la singularidad de la estructura del biocarbón permite reducir la necesidad de irrigación y fertilización, preservar la fertilidad del suelo, enriquecerlos y mitigar el cambio climático.

Las cáscaras son un recurso renovable que puede ser aprovechado. Este tipo de residuo tiene cantidades considerables de carbono fijado (30-36%), celulosa, hemicelulosa y lignina, esto lo convierte en una materia prima adecuada para su conversión pirolítica en productos valiosos para la agricultura como el biocarbón (Lam *et al.*, 2016). Se estima que, en el proceso de extracción del jugo de los cítricos, aproximadamente el 50-60% de la fruta procesada se convierte en residuos (Wilkins *et al.*, 2007).

La naranja (*Citrus sinensis*) es una de las especies frutales más producidas en el mundo. México posee el quinto lugar mundial de producción de naranja, con una producción anual de 4.5 millones de toneladas (FAO 2016). Esto se traduce en aproximadamente 3 millones de toneladas de este tipo de desecho cada año. A nivel mundial solo el 20% de estos residuos se les da un tratamiento antes de su disposición final (Shen *et al.*, 2013). Las características fisicoquímicas de la cáscara de naranja (gran cantidad y estacionalidad de la producción, pH bajo, alto contenido de humedad, la presencia de aceites esenciales; principalmente d-Limonene), hacen que su manejo sea complicado (Calabrò *et al.*, 2020).

Recientemente, la pirolisis ha sido investigada como una técnica prometedora para generar productos útiles a partir de la biomasa residual (Nam *et al.*, 2018). A la fecha, el uso de biocarbón de naranja se ha reportado para generar una matriz de adsorción para tratamiento de aguas residuales. No obstante, pocos estudios se han conducido para conocer sus efectos como enmienda edáfica (Chávez-García *et al.*, 2020). El objetivo principal de este trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de biocarbón de cáscara de naranja sobre las propiedades fisicoquímicas de tres diferentes suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procesamiento y caracterización del biocarbón

La cáscara de naranja fue recolectada en los diferentes puntos de venta de jugo de esta fruta en la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz. Esta materia prima fue secada al sol de 5 a 7 días. El biocarbón de cáscara de naranja fue producido localmente en un horno pirolítico rotatorio manual de

250 L. La temperatura de pirólisis se mantuvo en un rango entre 250-300°C. Este proceso duró 2. 5 horas y cuyo rendimiento fue de 27%. Una vez que se obtuvo el biocarbón, éste fue molido con un molino de mano y se pasó por un cernidor de 4 mm de apertura. Para esta investigación se utilizó una granulometría de biocarbón de ≤ 4 mm. La caracterización del biocarbón se realizó por triplicado.

Obtención de suelos utilizados

Los suelos utilizados en este estudio fueron colectados de la capa superior (0-30cm) en tres diferentes localidades. El primer suelo fue colectado de la finca experimental de Malanga del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. El segundo tipo de suelo se recolecto de los médanos aledaños a la ciudad de Veracruz. El último suelo se obtuvo de un terreno de cañero del Municipio de Zempoala, Veracruz. Se tomó una muestra compuesta de cada tipo de suelo para su caracterización fisicoquímica. Esta caracterización se realizó por triplicado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los tres suelos.

Propiedad	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
Clase textural	Franco arcillo arenoso	Arena	Franco
Densidad aparente (g/cm ³)	1.4	1.6	1.05
pH	7.56	8.42	6.54
CE(Sd/m)	0.08	0.08	1.03
M.O (%)	1.68	0.76	3.05
Nt (%)	0.09	0.04	0.12
P(mg/kg)	8.84	7.2	41.51
K (mg/kg)	98.91	101.53	1814.28
CIC (meq/100 g suelo)	19.75	37.38	30.53

Preparación de las muestras

Las mezclas de los suelos con el biocarbón se prepararon en las siguientes dosis (que equivale a la masa de biocarbón como porcentaje de la masa total de la muestra): 10% (B10), 20%(B2), 40% (B3). También se probó el testigo sin adición de biocarbón 0% (B0). Cada muestra estuvo constituida por un kg de mezcla y fue replicada tres veces para su caracterización fisicoquímica en laboratorio. Todas las determinaciones fisicoquímicas se realizaron con base en la NOM-021-SEMARNAT-200 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Análisis estadístico

Para todas las variables edáficas se realizará un Análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, con el paquete estadístico "InfoStat". Con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del biocarbón

Se encontró que el biocarbón elaborado a partir de restos de cáscaras de naranja a una temperatura de pirólisis de 250-300°C durante 150 minutos posee un pH de 6.9 y una conductividad eléctrica de 4.4

miliSiemens /m. La concentración de materia orgánica en el biocarbón de cáscara de naranja fue de 93.2%. El porcentaje de Carbono (C) fue de 54%, mientras que el Nitrógeno total (Nt) fue de 0.84%. La relación C/N fue de 64:1. El Óxido de Calcio (CaO) en una concentración de 2.1%. El Óxido de Magnesio (MgO) se encontró en una concentración de 0.3%. Mientras que el Óxido de Sodio (Na₂O) se concentró en 0.1%. El Óxido de Potasio (K₂O) posee una concentración de 1.8%. Por último, la concentración de Anhídrido Fosfórico (P₂O₅) fue de 0.4%.

Cuadro 2. Características químicas de biocarbones elaborados a partir de distintas materias primas y diferentes condiciones de elaboración.

Materia prima	Tiempo (min)	Temperatura (C°)	pH	C (%)	N (%)
Bagazo de caña	-	-	9.63	74	1
Bambú	72	500	-	82.1	0.54
Camarón	120	300	7.85	50	5.8
Cáscara de naranja	60	300	8.9	77	-
Cáscara de naranja*	150	250-300	6.9	54	0.8
Cáscara de naranja	60	450	9.34	84	-
Cáscara de naranja	60	200-600	10	40.4	1.56
Cáscara de naranja	60	600	9.37	92	-
Cascarilla de arroz	480	500	8.4	44	0.5
Cascarilla de café	30	450	7	46	-
Coco	60	350	8.4	34.4	-
Estiércol de vaca	300	500	9.2	33.6	-
Gallinaza	60	350	9.9	42	-
Olote de maíz	60	600	8.72	87.3	-
Papel reciclado	120	600	-	24.1	0.7
Rastrojo de maíz	90	250-300	7	60	2.5

Fuente: Elaboración propia. *Correspondiente a este estudio.

El pH del biocarbón se desplaza en un rango entre 6 y 10, no obstante, generalmente es alcalino. El pH de los biocarbones puede variar respecto a la materia prima con la que se elaboran los biocarbones y/o a las condiciones de temperatura y tiempo de residencia en el que se lleva a cabo el proceso de pirólisis (Cornelissen *et al.*, 2018). El pH del biocarbón de cáscara de naranja de esta investigación es neutro (6.9). Esto puede ser debido a la baja temperatura de la pirólisis (250-300°C) a la cual se produjo este biocarbón. Mireles *et al.*, (2019) determinaron que el biocarbón de cáscara de naranja que se produce a 450° en un lapso de 60 min resulta en un pH de 9.3, mientras que el que se produjo a 600°C resulta en un pH de 10 (Cuadro 2).

La temperatura y el tiempo de residencia durante el proceso de pirólisis afectan el carbono contenido en los biocarbones. Altas temperaturas y tiempos de residencia más largos producen biocarbones con mayores concentraciones de carbono (Cantrell *et al.*, 2012). La concentración de carbono en el biocarbón puede variar considerablemente desde 17 a 88% (Atkinsons *et al.*, 2010). El porcentaje de carbono contenido en el biocarbón de cáscara de naranja es de 54%, por tanto, este biocarbón se encuentra en el rango habitual respecto al contenido de carbono.

Los biocarbones con una concentración de carbono $\geq 50\%$ son considerados como una potencial alternativa para mitigar el cambio climático (Camps-Arbestain *et al.*, 2015). Del carbono contenido en el biocarbón, solo una pequeña porción (<1%) es fácilmente degradable, el resto son materiales altamente recalcitrantes con un tiempo potencial de permanencia en el suelo que oscila entre los cientos

a miles de años dependiendo de los factores bióticos y abióticos donde este se aplique (Lou *et al.* 2011). En este sentido, el biocarbón de cáscara de naranja debido al contenido de carbono (54%) tiene el potencial de ser utilizado como una alternativa para inmovilizar carbono en el suelo.

Efectos del biocarbón sobre las propiedades químicas del suelo

La fertilidad de los suelos tropicales generalmente es baja. Esto se asocia al bajo pH (suelos ácidos), baja conductividad eléctrica, bajo carbono orgánico y baja disponibilidad de nutrimentos. El uso de biocarbón puede ser una alternativa prometedora para mejorar estos tipos de suelos. No obstante, el efecto del biocarbón depende directamente del tipo de materia prima con el que se elabora, condiciones de la pirólisis y tipo de suelo donde se aplica (Martinsen *et al.*, 2015).

El biocarbón también puede promover la fertilidad de los suelos a través de un aporte directo de nutrientes y/o al modificar las características fisicoquímicas del suelo (Bierderman y Harpole, 2013). El efecto de la adición de biocarbón de cáscara de naranja en distintas dosis sobre las propiedades edáficas de tres diferentes suelos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de la tasa de aplicación de biocarbón sobre las propiedades del suelo.

Mezcla	pH	CE(Sd/m)	M.O (%)	Nt (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	CIC (meq/00g)
Suelo1 (control)	7.6 ^c	0.1 ^a	1.7 ^a	0.1 ^a	8.8 ^a	98.9 ^a	19.8 ^a
B10% Suelo1	7.1 ^b	0.8 ^a	8.5 ^b	0.2 ^b	54.4 ^b	1732.4 ^b	27.8 ^b
B20% Suelo1	6.8 ^a	1.7 ^b	18.6 ^c	0.22 ^c	176.4 ^c	2001.2 ^b	34.2 ^c
B40% Suelo1	7.8 ^d	2.2 ^b	25.4 ^d	0.23 ^c	253.3 ^d	9262.5 ^c	60.9 ^d
Suelo2 (control)	8.4 ^b	0.1 ^a	0.8 ^a	0.04 ^a	7.2 ^a	101.5 ^a	37.4 ^a
B10% Suelo2	7 ^a	0.7 ^b	7.4 ^b	0.17 ^b	55.5 ^b	1599.4 ^b	39.7 ^a
B20% Suelo2	7.1 ^a	1.3 ^c	12.5 ^b	0.19 ^{bc}	124.1 ^c	1793.6 ^b	37.4 ^a
B40% Suelo2	7.02 ^a	2.5 ^d	21.7 ^c	0.21 ^c	210.5 ^d	6134.8 ^c	47.6 ^b
Suelo3 (control)	6.5 ^a	1.03 ^a	3.05 ^a	0.12 ^a	41.5 ^a	1814.3 ^a	30.5 ^a
B10% Suelo3	7.1 ^b	1.5 ^{ab}	9.9 ^b	0.16 ^b	85.82 ^a	1928.8 ^a	33.5 ^b
B20% Suelo3	7.2 ^b	2.04 ^{bc}	18.8 ^c	0.18 ^b	177.58 ^b	2809.6 ^b	38.3 ^c
B40% Suelo3	7.0 ^b	2.8 ^c	29.8 ^d	0.26 ^c	317.4 ^c	8544.1 ^c	56.4 ^d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$). CE: Conductividad eléctrica; M.O: Materia orgánica; Nt: Nitrógeno total; P: Fósforo disponible; K: Potasio disponible; CIC: capacidad de intercambio catiónico. El Suelo 1, 2 y 3 corresponde a las categorías texturales de: Franco arcillo arenoso, arena y franco.

La adición de biocarbón de cáscara de naranja en distintas tasas de aplicación en los tres diferentes suelos resultó en un incremento general de las propiedades edáficas (Cuadro 3). El pH varió significativamente entre suelos y entre dosis, no obstante, siempre se mantuvo en un rango neutro. Elevar el pH en suelos altamente ácidos puede incrementar la relación Ca/Al, esto limita la disponibilidad de Aluminio (Al); elemento tóxico para las plantas (Obia *et al.*, 2019). La conductividad eléctrica fue altamente modificada respecto a las distintas dosis. Esto se debe a la alta carga inherente de las partículas del biocarbón. Por otro lado, la adición de biocarbón de naranja al suelo impacta directamente al contenido de materia orgánica en el suelo, debido a que el biocarbón de cáscara de naranja está constituido en su mayoría por materia orgánica (93.2%).

Respecto al nitrógeno total, la adición de biocarbón de naranja a los diferentes suelos, incrementó de manera significativa el contenido de este macroelemento del suelo. Sin embargo, la concentración de este macroelemento en el biocarbón de cáscara de naranja es relativamente baja (0.8%) este tipo de

biocarbón no posee las características en cuanto a cantidad de este nutriente para ser considerado como un biocarbón con valor fertilizante ($N_t = 1.66$). Generalmente, los biocarbones que se producen a partir de residuos animales, como los estiércoles, tienen un contenido de nitrógeno relativamente alto (Cuadro 2).

Con respecto al fósforo y potasio disponible, la adición de biocarbón de cáscara de naranja en las distintas dosis incrementó significativamente la cantidad de estos macronutrientes en el suelo. Esto puede indicar que los cultivos que se pretendan crecer en estos sustratos probablemente no padezcan de deficiencia de estos nutrientes. Así mismo, la Capacidad de intercambio catiónico se vio altamente afectada por la adición de biocarbón en las diferentes tasas de aplicación. Esto indica que estos sustratos reducen potencialmente la lixiviación de nutrientes aniónicos como NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (Lawrinenko y Laird 2015).

CONCLUSIONES

El biocarbón de cáscara de naranja producido a una temperatura de pirólisis de 250-300°C durante 2.5 horas puede considerarse como un biocarbón con aptitudes para la mitigación del cambio climático debido a su considerable contenido de carbono estable en él ($50 \geq \%$).

La adición de biocarbón de naranja en diferentes dosis modificó significativamente de manera general las propiedades edáficas en los tres suelos. Lo que resulta en un incremento potencial de la fertilidad de estos sustratos. Finalmente, la pirólisis de la cáscara de naranja podría ser una alternativa prometedora para producir productos valiosos para la agricultura a partir de esta biomasa residual y así mismo ser una estrategia para la gestión sustentable de este tipo de desechos.

LITERATURA CITADA

- Atkinson, C., Fitzgerald, J., and Hipps, N. 2010). Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337(1), 1-18.
- Biederman, L., and Harpole, W. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 5(2), 202-214.
- Brevik, E. 2013. The Potential Impact of Climate Change on Soil Properties and Processes and Corresponding Influence on Food Security. *Agriculture* 3, 398-417.
- Calabrò, P., Fazzino, F., Sidari, R., and Zema, D. 2020. Optimization of orange peel waste ensiling for sustainable anaerobic digestion. *Renewable Energy*, 154, 849-862.
- Camps-Arbestain, M., Amonette, J., Singh, B., Wang, T., and Schmidt, H. 2015. A biochar classification system and associated test methods. In *Biochar for environmental management*, pp 197-226. Routledge.
- Cantrell, K., Hunt, P., Uchimiya, M., Novak, J. and Ro, K. 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource technology*, 107, 419-428.
- Chávez-García, E., Aguillón-Martínez, J., Sánchez-González, A. and Siebe, C. 2020. Characterization of untreated and composted biochar derived from orange and pineapple peels. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(2), 413-427.

- Cornelissen, G., Nurida, N., Hale, S., Martinsen, V., Silvani, L., and Mulder, J. 2018. Fading positive effect of biochar on crop yield and soil acidity during five growth seasons in an Indonesian Ultisol. *Science of the Total Environment*, 634, 561-568.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Citrus fruit statistics 2015.2-8. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations International Children's Emergency Fund, World Food Programme, & World Health Organization. 2018. The state of food security and nutrition in the world 2018: building climate resilience for food security and nutrition. 37-112. Rome.
- Hass, A., González, J., Lima, I., Godwin, H., Halvorson, J., and Boyer, D. 2012. Chicken manure biochar as liming and nutrient source for acid Appalachian soil. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1096-1106.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.81-84.
- Jeffery, S., Bezemer, T., Cornelissen, G., Kuyper, T. W., Lehmann, J., Mommer, L., and van Groenigen, J. W. 2015. The way forward in biochar research: targeting trade-offs between the potential wins. *Gcb Bioenergy*, 7(1), 1-13.
- Jia, M., Wang, F., Bian, Y., Jin, X., Song, Y., Kengara, F. O., and Jiang, X. 2013. Effects of pH and metal ions on oxytetracycline sorption to maize-straw-derived biochar. *Bioresource Technology*, 136, 87-93.
- Lam, S., Liew, R., Lim, X., Ani, F. and Jusoh, A. 2016. Fruit waste as feedstock for recovery by pyrolysis technique. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 113, 325-333.
- Lawrinenko, M. and Laird, D. 2015. Anion exchange capacity of biochar. *Green Chemistry*, 17(9), 4628-4636.
- Lehmann, J., Rillig, M., Thies, J., Masiello, C., Hockaday, W. and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota—a review. *Soil biology and biochemistry*, 43(9), 1812-1836.
- Lehmann, J. and S. Joseph. 2009. Biochar for environmental management: an introduction, *In: Biochar for environmental management*. 1–12. Routledge
- Lehmann, J., and Joseph, S. 2015. Biochar for environmental management: an introduction. *In Biochar for environmental management*.1-13. Routledge.
- Martinsen, V., Alling, V., Nurida, N. L., Mulder, J., Hale, S. E., Ritz, C. and Cornelissen, G. 2015. pH effects of the addition of three biochars to acidic Indonesian mineral soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(5), 821-834.
- Masiello, C., Dugan, B., Brewer, C., Spokas, K., Novak, J., Liu, Z., and Sorrenti, G. 2015. Biochar effects on soil hydrology. *In Biochar for Environmental Management* (pp. 575-594). Routledge.
- Mireles, S., Parsons, J., Trad, T., Cheng, C. L., and Kang, J. 2019. Lead removal from aqueous solutions using biochars derived from corn stover, orange peel, and pistachio shell. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(10), 5817-5826.
- Nair, V., Nair, P., Dari, B., Freitas, A., Chatterjee, N., and Pinheiro, F. 2017. Biochar in the agroecosystem—climate-change—sustainability nexus. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2051.
- Nam, W., Phang, X., Su, M., Liew, R., Ma, N., Rosli, M., and Lam, S. 2018. Production of bio-fertilizer from microwave vacuum pyrolysis of palm kernel shell for cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Science of the Total Environment*, 624, 9-16.

- Obia, A., Martinsen, V., Cornelissen, G., Børresen, T., Smebye, A., Munera-Echeverri, J., and Mulder, J. 2019. Biochar application to soil for increased resilience of agroecosystems to climate change in Eastern and Southern Africa. In *Agriculture and Ecosystem Resilience in Sub Saharan Africa* (pp. 129-144). Springer, Cham.
- Rebolledo, A., López, G., Moreno, C., Collado, J., Alves, J., Pacheco, E., y Barra, J. 2016. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382.
- Shen, F., Yuan, H., Pang, Y., Chen, S., Zhu, B., Zou, D., and Li, X. 2013. Performances of anaerobic co-digestion of fruit y vegetable waste (FWW) and food waste (FW): single-phase vs. two-phase. *Bioresource technology*, 144, 80-85.
- Tschakert, P., and Dietrich, K. 2010. Anticipatory learning for climate change adaptation and resilience. *Ecology and society*, 15(2).
- Wilkins, M., Suryawati, L., Maness, N., and Chrz, D. (200). Ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces marxianus* in the presence of orange-peel oil. *World Microbiology. Biotechnology*. 23, 1161–1168. [https://doi.org/ 10.1007/s11274-007-9346-2](https://doi.org/10.1007/s11274-007-9346-2).
- Woolf, D., Amonette, J., Street-Perrott, F., Lehmann, J., and Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, 1, 56.
- Zimmerman, A. 201). Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). *Environmental Science and Technology*, 44(4), 1295-1301.

PRESERVACIÓN POSTCOSECHA DE TOMATE DE CÁSCARA LIGADO A LA ASPERSIÓN FOLIAR DE MIEL DE ABEJA EN CAMPECHE

Felipe de Jesús González-Rodríguez¹

Mario Ben-Hur Chuc-Armendáriz¹

Juan Alberto Moo-Puc¹

Gonzalo Miguel Quetz-Aguirre¹

Víctor Manuel Interián-Ku²

¹Instituto Tecnológico Superior de Calkiní del Tecnológico Nacional de México

²Campus I. T. Zona Maya del Tecnológico Nacional de México

fjgonzalez@itescam.edu.mx

RESUMEN

La preservación post cosecha del fruto de tomate de cáscara ligado a la aspersión foliar de la miel de abeja multiflora en Calkiní, Campeche. Este estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la aspersión foliar semanal de la miel de abeja multiflora a 4, 4.5 y 5% v/v y el control 0% durante el ciclo de cultivo, en la preservación de la vida postcosecha para frutos de tomate cáscara variedad Señorío 1090, cultivado con manejo agroecológico a cielo abierto en el Instituto Tecnológico Superior de Calkiní 2019. Se recolectaron 90 frutos por tratamiento y repetición considerando: el llenado del cáliz y el tiempo transcurrido desde el amarre del mismo. Los frutos fueron almacenados a temperatura ambiente ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$), en los muestreos realizados a los 0, 6, 12, 18 y 24 días después de la cosecha se determinaron las variables: resistencia a la penetración, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y pérdida de peso. Estas propiedades físicas y químicas post cosecha de los frutos del tomate de cáscara, fueron estadísticamente significativas ligadas a la aspersión foliar de la miel de abeja multiflora. Los frutos tratados con miel presentaron mayor resistencia a la penetración, mejor porcentaje de ácido cítrico, menor pérdida de peso, notable preservación de sólidos solubles totales y un pH menos ácido en comparación a los frutos control. De acuerdo con los resultados, a los frutos tratados con miel es posible atribuirles un potencial de preservación de las mejores características de calidad en comparación a la menor calidad en frutos de tomate de cáscara. Esto es debido al parecer a la acción de película de recubrimiento natural sobre los frutos durante el ciclo de cultivo originado por el alto contenido de 182 componentes nutrimentales de la miel de abeja multiflora.

Palabras clave: Calidad, postcosecha, recubrimientos

INTRODUCCIÓN

Hoy está una aguda predisposición del público por comestibles de natural elaboración e inofensivos para el cuidado de la salud, que conserven sus cualidades propias, extiendan su existencia de consumo apto y precisen de un proceso imperceptible. Estos alimentos son acreditados como inapreciablemente procesados por las acciones de clasificación, enjuague y recorte, que modifican la conservación del producto rivalizado al alimento original. Debido a degradaciones físicas, microbiológicas y fisiológicas es necesario aplicar recubiertas o películas naturales que interrumpan las variaciones en las propiedades nutritivas, sensorias para extender su vida en anaquel (Benito-Bautista *et al.*, 2016). Una alternativa que reduzca estos cambios, consiste en la aplicación de tecnología de barrera/obstáculo, uso de aditivos o la sinergia de diferentes métodos, aditivos y tipos de envase, que permitan mantener la calidad del producto y extender su vida útil.

Se sabe que la producción de frutos pulposos implica tres fases: crecimiento, desarrollo y maduración. Existen notables investigaciones de maduración en frutos sobre cambios bioquímicos postcosecha sugestivos al cliente pero que también son causa de fracasos económicos. El conocimiento de estos procesos origina mejoras en calidad de productos hortofrutícolas, know-how postcosecha efectivo y natural que posiblemente coadyuvará a reducir mermas (Benito-Bautista *et al.*, 2016).

Tanto el cultivo de tomate cáscara, como muchas especies vegetales muestran baja productividad 20 Mg/ha por efecto del cambio climático, y su adaptación se asocia a su resistencia a altas temperaturas que provocan baja transpiración y cambios fisiológicos incluyendo las relaciones hídricas (Cruz-Álvarez *et al.*, 2012). Además, favorecen la respiración más que la fotosíntesis con lo que la cantidad de CO₂ aumenta y se cierran los estomas que causen posibles efectos sobre procesos bioquímicos-fisiológicos en el crecimiento, desarrollo y maduración de la calidad frutos y su comportamiento postcosecha (Aguñaga-Bravo *et al.*, 2020).

De ahí, justificar la exploración de posibilidades sustentables, económicas posibles como el uso potencial de la miel de abeja *Aphis mellifera* multiflora que favorezca los rendimientos agronómicos y procesos bioquímicos-fisiológicos postcosecha para evitar la pérdida de calidad de frutos de tomate cáscara. La finalidad del presente trabajo permitirá mejorar y fomentar la producción de tomate cáscara para desarrollar un efectivo manejo postcosecha. Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue analizar el efecto de la aspersión foliar semanal de la miel de abeja multiflora *Aphis mellifera* a dosis de 4, 4.5 y 5% v/v durante el ciclo de cultivo, ligado a la preservación de la vida postcosecha para frutos de tomate verde *Physalis ixocarpa* variedad Señorío 1090, cultivado con manejo agroecológico en el Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, en el estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron frutos de cultivar de tomate verde variedad Señorío 1090 de la compañía Starseeds Internacional, INC. Las plantas se desarrollaron en una parcela experimental con manejo agroecológico en el Instituto Tecnológico superior de Calkiní en el estado de Campeche, situada a 20°20' Latitud Norte, 90°02' Longitud Oeste a 17 metros sobre nivel del mar, predomina el clima cálido subhúmedo con vegetación tropical (INEGI, 2010). La temperatura media anual es de 26 a 27°C, lluvias abundantes en el verano. De este cultivar se cosechó una muestra al azar de frutos tomando en cuenta como indicadores de madurez, el llenado del cáliz y el tiempo transcurrido desde el amarre del mismo. El producto fue trasladado al laboratorio, donde se eliminó el cáliz, ahí se descartaron los frutos con desperfectos físicos o por patógenos. Posteriormente, con los frutos viables se establecieron cuatro tratamientos con tres repeticiones T1 4%, T2 4.5%, T3 5% V/V y T0 testigo 0%, cada repetición tuvo 30 frutos previamente identificados y colocados en charolas de plástico rígido con papel destrasa de acuerdo a las aspersiones foliares de la miel de abeja europea *Aphis mellifera* multiflora, aplicadas una vez por semana desde el trasplante hasta la cosecha, la cual cumple con las especificaciones establecidas por la norma mexicana NMX-F-036-981 Miel de Abeja.

La condición de preservación fue de 10° ± 3°C para evaluar su vida de anaquel. Las evaluaciones se realizaron al momento de cosecha a 0, 6, 12, 18 y 24 días hasta completar los cinco muestreos. Las variables determinadas fueron: Las pérdidas de peso se evaluaron en una muestra de 30 frutos por tratamiento y repetición. La pérdida de resistencia a la penetración o firmeza de la pulpa se midió en una muestra de 3 frutos por tratamiento, de manera individual en los lados opuestos del diámetro medio, utilizando un texturómetro modelo FVD-30 con un puntal cónico (Wagner Instruments, CT, USA), y los datos se reportaron en Newton (Ncm²). La acidez titulable se valoró con base al ácido cítrico (%) según el método de la AOAC (2010), en una muestra de 3 frutos por tratamiento, individualmente se pesaron 5 g, los cuales se homogeneizaron con 50 mL de agua destilada, después de un filtrado se tomó una

alícuota de 5 mL, que se tituló con NaOH 0.1N, usando como indicador fenolftaleína en solución alcohólica (2.5%). En el mismo filtrado se determinó el pH con un potenciómetro Corning, modelo 12 NY, USA. En el jugo de igual número de frutos por tratamiento, se midió el contenido de sólidos solubles totales según el método de la AOAC (2010), se usó un refractómetro Atago modelo Pr-100 Guangzhou, China y los valores se reportaron como °Brix. Los equipos que se usaron están en el laboratorio de ciencias básicas del ITESCAM. El diseño experimental fue en bloques al azar. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), cada fruto fue una unidad experimental, para el análisis se usó Statgraphics centurión XVI.I.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de resistencia a la presión o dureza

Al inferir sobre la información derivada del diagnóstico estadístico de los datos se determinó que hubo diferencias significativas entre las cinco fechas de extensión de almacenamiento evaluadas, los tratamientos con miel de abeja multifloral presentaron frutos más firmes con respecto al testigo sin la aplicación de la aspersión foliar de la miel desde el trasplante hasta la cosecha y con alcances superiores a 44 Ncm², sobresaliendo T1-Miel 4.0% V/V con 64 Ncm². La firmeza en los tres tratamientos y el testigo declinó posteriormente de 18 ddc, pero los tratamientos con miel aseguraron frutos más firmes que el testigo. El cual tuvo su valor inicial de la resistencia en el momento de corte de 42.8 Ncm², pero se ablandó hasta reducir a 24.5 Ncm² a los 24 días después de almacenaje (Cuadro 1), estos resultados obtenidos se debieron potencialmente a la separación de los contenidos pécticos que forman la pared celular, al aumentar la acción enzimática como la pectinesterasa, poligalacturonasa y la celulasa (Tucker *et al.*, 1980, Barret *et al.*, 1998). Este cambio se vincula con la evolución de la textura, aroma y sabor que desean los consumidores y depende forzosamente con la resistencia a la penetración, condición de calidad que manifiesta frescor del producto (Surmacka, 2002), por lo que es utilizado como un indicador de madurez de los frutos (Barrett *et al.*, 1998).

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas del tomate cáscara ligadas a la aspersión foliar de miel.

Días después de cosecha	Dureza (N/cm ²)	pH	AT (%Ac. Cítrico)	SST °brix	Peso (g)
0 días después de cosecha					
T1-Miel 4.0% V/V	64.0 c	3.84 a	1.681 b	6.62 a	43.87 a
T2-Miel 4.5% V/V	49.3 b	3.81 a	1.637 b	8.05 a	44.27 a
T3-Miel 5.0% V/V	47.1 ab	4.03 b	1.640 b	7.21 b	50.18 b
T0-Sin Miel	42.8 a	4.03 b	1.355 a	6.06 c	40.09 a
6 días después de cosecha					
T1-Miel 4.0% V/V	62.0 b	3.62 b	1.695 a	6.38 b	44.30 b
T2-Miel 4.5% V/V	52.7 a	3.27 a	1.735 a	5.61 a	42.65 b
T3-Miel 5.0% V/V	59.6 ab	3.61 b	1.354 a	5.62 ab	50.14 c
T0-Sin Miel	51.7 a	3.59 b	1.457 a	6.07 ab	37.76 a
12 días después de cosecha					
T1-Miel 4.0% V/V	50.0 b	3.71 b	1.222 a	6.53 b	38.63 a
T2-Miel 4.5% V/V	59.8 c	3.64 ab	1.240 ab	6.56 b	41.20 a
T3-Miel 5.0% V/V	53.7 bc	3.58 a	1.502 b	6.27 a	49.58 b
T0-Sin Miel	29.5 a	3.62 ab	1.342 ab	7-04 c	37.06 a
18 días después de cosecha					

Physalis (Cantwell *et al.*, 1992), aunque también se le puede sumar el efecto de los tratamientos por los altos contenidos nutritivos de la miel de abeja aplicadas semanalmente sobre las plantas o por la práctica genética a la que ha sido sometida en los últimos años (Peiris *et al.*, 1997), en la presente investigación para el caso del testigo disminuyó gradualmente para alcanzar el valor menor de 1.256% a los 24 días después de la cosecha.

Así mismo, los valores encontrados de Acidez Titulable ($>$ a 1.637% ácido cítrico) fueron iguales estadísticamente entre los tres tratamientos con miel pero al compararlo con el testigo hubo diferencias significativas al momento de cosecha 1.355% ($p \leq 0.05$). Los contenidos encontrados fueron similares a lo reportado por Aguiñaga-Bravo *et al.* (2020), para tomate verde Señorío con el valor más elevado por efecto del tratamiento con Bokashi-FQ al 50% (2.1% de AT), además señalan que Barone, Caruso, Marra y Sottile (2001) mencionado por González-Mendoza *et al.* (2011), que el fruto de *P. ixocarpa* no se incluye en los cultivares dulces (acidez titulable $<$ 1%). Sin embargo, los valores obtenidos para la acidez titulable estuvieron por arriba de 1%. En comparación a ese precedente, en tomates frescos hidropónicos la AT es muy variada, ya que se han conseguido equivalencias de 0.19 a 0.45% (Navarro-Lopez *et al.*, 2012; Dobricevic *et al.*, 2007), y en algunos casos hasta de 0.63% (Arias *et al.*, 2000), lo cual difiere con los valores de AT reportados en la presente investigación. Sin embargo, para la industria, los tomates no deben tener una acidez titulable mayor al 0.2% (Hidalgo-González *et al.*, 1998).

Sólidos solubles totales °Brix

En este estudio, el conjunto de sólidos solubles totales (°Brix) verificó diferencias significativas entre los tres tratamientos con miel de abeja y el testigo en los diferentes tiempos de muestreos (Cuadro 1), alcanzando el valor más bajo el testigo con 4.65°brix a los 18 ddc, seguida por el efecto del tratamiento 1 miel al 4% con 5.26°Brix a los 24 ddc, T2 4.5% con 5.61 y T3 5% con 5.62 a los 6 ddc, respectivamente. Los datos reportados son parecidos a los encontrados en cinco poblaciones autotetraploides y cuatro diploides por Ramírez-Godina *et al.* (2013), quienes indicaron un rango de 5.95 a 6.63°Brix, con diferencias significativas entre las poblaciones. Aunque la cantidad de sólidos solubles en el tomate de cáscara fue modificada por el tiempo de almacenamiento, de acuerdo con la comparación de medias, los valores no siguieron una pérdida paulatina desde el momento de corte hasta el día 24 ddc, con valores de 8.05 a 2.65°Brix (Cuadro 1). Este comportamiento es comprendido por la insuficiente oxidación de azúcares y ácidos consumidos, correspondido a la caída tasa respiratoria de este fruto (Peiris *et al.*, 1997). Los resultados fueron congruentes con la variabilidad natural de la especie y cercanos a los reportados para la variedad “CHF1- Chapingo”, la cual tiene valores entre 6.1 y 5.25 que pertenecen al intervalo de corte y después de veinticinco días de almacenamiento a 20°C (Cruz-Álvarez *et al.*, 2012).

Pérdida de Peso

La pérdida de peso determinada en este trabajo, resultó con diferencias significativas por efecto de los tres tratamientos con la miel de abeja y el testigo en los cinco tiempos de almacenamiento, el patrón de evolución de la pérdida de peso fue continuo a la baja hasta los 24 ddc (Cuadro 1), alcanzando el peso más bajo el testigo con 18.68g presentó una pérdida mayor 53% a los 24 días después de la cosecha (ddc), seguida por el efecto del tratamiento 1 miel al 4% con 29.58g, T2 4.5% con 38.30g y T3 5% con 47.08g (32%, 13% y 6% comparativamente). Por lo tanto, los frutos de tomate de cáscara seleccionados y cosechados en los tres tratamientos de aplicación foliar de miel de abeja multiflora resultaron menos sensibles a las pérdidas de peso debido a la menor deshidratación por la protección de la película de miel que se hizo en todos los órganos de las plantas comparadas con el menor tiempo de la vida de anaquel del testigo. Este estudio demostró claramente la eficacia de la aspersión foliar de la miel de abeja multiflora en condiciones de temperatura de $10^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ para mejorar la calidad, la

comercialización y aumentar la vida útil de los tomates de cascara al reducir la tasa de maduración y la utilización de azúcar.

CONCLUSIONES

Los frutos de tomate de cáscara variedad Señorío que recibieron cada siete días por la mañana los tres tratamientos 4.0, 4.5 y 5.0% v/v la aspersión foliar de miel de abeja *Aphis mellifera* multiflora desde el trasplante hasta su cosecha presentaron frutos más firmes con respecto al testigo, lo que les confiere resistencia durante su manipulación después de la cosecha para su comercialización. Cada tratamiento de miel presentó atributos sobresalientes con respecto al testigo: el pH fue menos ácido para los frutos con tratamientos de miel ya que al final del estudio fueron muy ácidos los frutos del testigo; los mayores contenidos de AT % de ácido cítrico se atribuyen a los frutos tratados con miel con respecto al testigo aun cuando su contenido de azúcares totales fue de 1.237% de ácido cítrico mostró más sensibilidad a las condiciones de almacenamiento. El uso de la miel de abeja vía foliar en la producción de tomate de cáscara en campo produjo efectos favorables en los frutos, pues redujo el nivel de manifestación de daños por temperaturas mayores a 37°C. Particularmente durante esta prueba de extensión de vida útil evitó pérdidas de peso y hubo poca variación de los sólidos solubles totales °Brix, en comparación con los frutos del testigo producidos sin la aspersión foliar de la miel de abeja. Las manifestaciones de dureza, pH, acidez titulable, mejor dulzura y menor pérdida de peso durante el almacenamiento en condiciones de temperatura a 10°±3°C son factores que determinaron superior calidad, intervienen en el gusto del consumidor. Por lo tanto, los frutos de tomate de cáscara tratados con miel presentaron mayor probabilidad de ser utilizado para preservar la calidad del fruto postcosecha.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Superior de Calkiní del Tecnológico Nacional de México por su apoyo logístico en sus áreas de campo, laboratorio y por los recursos financieros necesarios.

LITERATURA CITADA

- Aguiñaga-Bravo Arturo, Medina-Dzul Kati, Garruña-Hernández René, Latournerie-Moreno Luis, y Ruíz-Sánchez Esaú. 2020. Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). Acta univ [revista en la Internet].2020[citado2021 Jul 20]; 30:e2475.Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662020000100116&lng=es. Epub 22-Oct-020. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2475>.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2010. Official Methods of AOAC. 18a ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Arias, R.; Lee, T. C.; Specca, D.; Janes, H. 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. Journal of Science 65(3): 545-548.
- Barone, E., Caruso, T., Marra, F. P., and Sottile F. 2001. Preliminar observations on some Sicilian pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties. Journal of the American Pomological Society, 55(1), 4-7.
- Barrett, D.M., E. García, and J.E. Wayne. 1998. Textural modification of processing tomatoes. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 38:173- 258.

- Benito-Bautista, Pedro, y Arellanes-Juárez, Nelly, y Pérez-Flores, María Eufemia. 2016. Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1),115-130. [fecha de Consulta 10 de Julio de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43743010011>.
- Cantwell, M., J. Flores-Minutti, and A. Trejo-González. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruit (*Physalis ixocarpa* Brot). *Sci. Hortic.* 50:59-70.
- Cruz-Álvarez, Oscar, Martínez-Damián, Ma. Teresa, Rodríguez-Pérez, Juan Enrique, Colinas-León, Ma. Teresa, y Moreno-Pérez, Esaú del C. 2012. Conservación poscosecha de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con y sin cáliz. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), 333-344. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.11.105>.
- Dobricevic, N.; Voca, S.; Benko, B.; Pliestic, S. 2007. The quality of fresh tomato fruit produced by hydroponic. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 72(4): 351-355.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2007. Manual de manejo poscosecha de frutas Tropicales (en línea). Roma, Italia. 136. Disponible en <http://www.fao.org/3/aac304s.pdf>
- García-Sahagún, M.L., A.N. Avendaño-López, J.N. Mercado-Ruiz, y L. Robles-Osuna. 2007. Calidad poscosecha de frutos de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) durante almacenamiento. En: S. Carvajal, y E. Pimienta Barrios, editores, *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. XVIII Seminario de la Investigación Científica*. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, MEX. p. 1-5.
- González-Mendoza, D., Ascencio-Martinez, D., Hau, A., Méndez-Trujillo, V., Grimaldo-Juárez, O., Santiaguillo-Hernández, J. F., Cervantes, L., and Aviles, S. (2011). Phenolic compounds and physicochemical analysis of *Physalis ixocarpa* genotypes. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3808-3814. doi: <http://dx.doi.org/10.5897/SRE11.370>
- Hidalgo-González, J. C.; Alcántara-González, G.; Baca-Castillo, G. A.; Sánchez-García, P.; y Escalante-Estrada, J. A. 1998. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoamericana* 16(2): 143-148.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Retomado de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/>
- Jiménez-Santana, E., V. Robledo-Torres, A. Benavides- Mendoza, F. Ramírez-Godina, H Ramírez-Rodríguez y E. de la Cruz-Lázaro. 2012. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y Ciencia* 28(2):153-161.
- Juárez-López P., R. Castro-Brindis, T. Colinas-León, P. Ramírez-Vallejo, M. Sandoval-Villa, D.W. Reed, L. Cisneros-Zevallos, y S. King. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(esp):5-9.
- Lanchero, O., G. Velandia, G. Fischer, N.C. Varela, y H. García. 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Rev. Corpoica* 8(1):61-68.
- Navarro-López, Erik R., Nieto-Ángel, Raúl, Corrales-García, Joel, García-Mateos, María del Rosario, y Ramírez-Arias, Armando. 2012. Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), 263-277. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.11.097>.

- Peiris, K.H.S., J.L. Mallon, and S.J. Kays. 1997. Respiratory rate vital heat of some specialty vegetables at various storage temperatures. *HorTechnology* 7:46-49.
- Ramírez-Godina, F., V. Robles-Torres, R. Foroughbakhch- Pournabav, A. Benavides-Mendoza, J.L. Hernández– Piñero, M.H. Reyes-Váldez, and M.A. Alvarado- Vázquez. 2013. Yield and fruit quality evaluation in husk tomato autotetraploids (*Physalis ixocarpa*) and diploids. *Aust. J. Crop Sci.* 7:933-940.
- Surmacka, S.A. 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.* 13:215-225.
- Torres, R., E.J. Montes, O. Pérez, y R.D. Andrade. 2013. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Inf. Tecnol.* 24(3):51-56.
- Tucker, G., Robertson, N.; Grierson, D. 1980. Changes in polygalacturonase isoenzymes during the ripening of normal and mutant tomato fruit. *European Journal of Biochemistry*, v. 112, p. 119-124, 1980.

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE CRUCETILLO (*Randia* sp.) Y DISEÑO DE LÍNEAS PRODUCTORAS DE EXTRACTO DE SEMILLAS

Meritzel Mosqueda-Lara¹
Galdy Hernández-Zárate²
Rosa Isela Castillo-Zamudio²

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa en Agroecosistemas Tropicales. LGAC: Cadenas Agroalimentarias y Agroindustriales del Trópico
hernandez.galdy@colpos.mx

RESUMEN

La pulpa y la semilla del fruto de crucetillo (*Randia* sp.) poseen compuestos fenólicos que le confieren actividad antioxidante. La infusión de este fruto, es ingerida como remedio casero para tratar ciertos padecimientos como picaduras de serpiente, diabetes, hipercolesterolemia, cáncer e inflamación, entre otros. Sin embargo, al utilizarse de manera empírica y producirse en forma artesanal, no se considera la eficacia del proceso de extracción de los metabolitos de interés, los cuáles suelen variar de acuerdo al método de extracción y de las condiciones agroecológicas del cultivo. En este estudio, se realizó una caracterización física de 90 especímenes del fruto. Se determinó el peso promedio y diámetro del fruto, y se realizó un estudio colorimétrico de la pulpa y la semilla. Además, se propuso un modelo basado en operaciones unitarias de dos líneas productoras de extractos acuosos y etanólicos de semillas de crucetillo, y se evaluó el rendimiento de compuestos fenólicos con actividad antioxidante. Se encontró que el fruto posee una pulpa succulenta y una corteza resistente. El peso promedio del fruto fue de 15.02 ± 5.91 g, y se compone de un 36.33% en peso de pulpa seca, 44.61% de semillas y 19.06% de epidermis (corteza) por peso total del fruto. El estudio colorimétrico permitió determinar que el fruto maduro es de un color amarillo-marrón oscuro y opaco. El modelo unitario mostró un rendimiento del 85.69% para el extracto acuoso y de 74.14% para el extracto etanólico. De acuerdo con los resultados, a partir de la ingeniería básica es posible obtener extractos concentrados con un contenido de fenoles aproximado de 20% p/p.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, antioxidantes, ingeniería de procesos

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades no transmisibles (ENT) son afecciones de larga duración con evolución lenta. La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a la diabetes, enfermedades respiratorias crónicas, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer como ENT. En conjunto, cada año ocasionan el 71% de las muertes a nivel mundial, y para México la mortalidad por dichas enfermedades sobre las muertes totales ha aumentado de 57% (en 1990) a 80% en 2016 (OMS, 2021). A pesar de que los pacientes de ENT suelen acudir primero a la medicina convencional, también han buscado alternativas menos invasivas y más seguras, por ejemplo, el consumo de alimentos funcionales, los cuales poseen un efecto nutricional y además contribuyen al mejoramiento de la salud y la prevención de enfermedades (Aedo y Granados, 2000; Rojas *et al.*, 2015). Los alimentos funcionales pueden ser de origen animal o vegetal, distinguiéndose estos últimos por su potencial terapéutico, gracias a la presencia de componentes bioactivos útiles en el tratamiento de las ENT. Dentro de los alimentos funcionales de origen vegetal se encuentran los cereales, frutos secos, frutos rojos, soya, uva y crucetillo, por mencionar algunos. Una estrategia para la prevención y control de las ENT, es la promoción del uso de alimentos locales con propiedades nutraceuticas, acción que fomenta el

aprovechamiento de los recursos naturales renovables, y la bioeconomía circular como parte de los objetivos para el desarrollo sostenible local y global (OMS, 2003; Drago, López y Sainz, 2006; Luengo, 2007).

El crucetillo (*Randia* spp.) es un arbusto endémico del estado de Veracruz, con potencial en la obtención natural de compuestos fenólicos con actividades antioxidantes (Cuevas Juárez *et al.*, 2014; Juárez-Trujillo *et al.*, 2018). El fruto se cosecha principalmente en huertos familiares (traspatio) en los municipios de Apazapan, Alvarado, Emiliano Zapata, Actopan, Úrsulo Galván, Puente Nacional y La Antigua. El fruto maduro de esta planta, es preparado comúnmente en la región, de forma artesanal para producir una infusión alcohólica con aguardiente, jerez o licor de caña de azúcar. Generalmente, la infusión se deja macerando durante 7 d en la oscuridad, antes de ser consumida como remedio casero para tratar ciertos padecimientos, tales como picadura de serpiente, diabetes, hipercolesterolemia, cáncer, inflamación, entre otros. Sin embargo, al ser parte de la herbolaria medicinal su utilización es empírica y no se cuenta con información extensa acerca de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del mismo (Juárez-Trujillo *et al.*, 2018; García-Cruz, 2018; García Juárez *et al.*, 2018; García, García, Jiménez, 2019).

La biosíntesis de compuestos fenólicos es comúnmente realizada en plantas, a manera de metabolitos secundarios (polifenoles, terpenoides, flavonoides, alcaloides, esteroides, pigmentos y ácidos grasos insaturados) que les confieren diferentes funciones como pigmentación, y protección contra plagas y organismos potencialmente patógenos (Goyal *et al.*, 2011; Alkhatib, *et al.*, 2017). De acuerdo con estudios realizados en plantas del género *Randia*, sus especies exhiben una actividad antioxidante directamente relacionada con el contenido de fenoles totales presentes en el extracto acuoso, metanólico o etanólico. El extracto acuoso de la pulpa de *R. monantha* Benth ha mostrado mayor contenido de fenoles como equivalentes de ácido gálico (413.44 mg GAE/g), mientras que el de semilla 57.19 mg GAE/g. Además, en dichos extractos se han detectado cerca de 15 compuestos fenólicos con actividad biológica, dentro de los que destacan, el ácido clorogénico, la escopolina, la escopoletina, el ácido vanílico, el ácido cafeico, el ácido-4-cumárico y la rutina (Juárez-Trujillo *et al.*, 2018).

Los compuestos fenólicos son compuestos orgánicos que poseen un grupo hidroxilo ($\text{OH}^\cdot$) unido a un anillo aromático. Presentan propiedades antioxidantes, inhibiendo la degradación oxidativa causada por radicales libres, como lo son el anión superóxido ($\text{O}_2^\cdot$), el radical hidroxilo ($\text{OH}^\cdot$) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), los cuales son moléculas inestables generadas por el propio metabolismo celular bajo condiciones prolongadas de estrés oxidativo (Londoño, 2012). Se ha relacionado el estrés oxidativo con enfermedades cardiovasculares, cáncer, artritis, enfermedades respiratorias, enfisema, inmunodeficiencia, Parkinson y otras condiciones inflamatorias. Por lo tanto, los compuestos fenólicos tienen relevancia clínica y nutricional, al estar asociados con la reducción del riesgo de padecer dichas enfermedades (Mahomoodally *et al.*, 2019). Por otro lado, los compuestos fenólicos tienen importancia industrial ya que, al oxidarse con facilidad, pueden presentar diversas tonalidades que permiten su utilización como aditivos en formulaciones para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Por ejemplo, las antocianinas confieren la pigmentación roja, azul, violeta, naranja y púrpura; mientras que las coloraciones amarillas derivan de la presencia de flavonoides (Martínez, Periago y Ros, 2000).

Dado el potencial de utilización de crucetillo en conjunto con la escasa información presentada en la literatura, se llevó a cabo una caracterización física del mismo, así como la propuesta de un diseño para la generación de extractos acuoso y etanólico a partir de semillas de crucetillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de crucetillo fueron colectados en la región de Salinas, municipio de Alvarado, Veracruz, durante febrero de 2020. Los frutos no fueron identificados a nivel de especie. La muestra estuvo conformada por 90 frutos limpios, seleccionados al azar. La caracterización física y parámetros biométricos de tamaño y peso de frutos y semillas se realizaron en el Laboratorio de Agua-Suelo-Plantas del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

Se determinó el diámetro mayor y menor utilizando un Vernier (Crisol 8" PA-76T), y se calculó el peso promedio por fruto en una balanza analítica (*Adventurer Ohaus*, Mod. AR2140). El color de la epidermis del fruto se determinó con un colorímetro portátil (*MiniScan XE Plus Hunter Lab*), considerando los parámetros de luminosidad L^* (0=negro y 100=blanco); coordenadas cromáticas a^* , el color rojo (valores positivos) o verde (valores negativos) y b^* , el color amarillo (valores positivos) o azul (valores negativos); ángulo matiz ($\tan^{-1} (b^*/a^*)$) y saturación ($\sqrt{a^2+b^2}$).

Para la caracterización de la pulpa y semilla, éstas se separaron de manera manual, evitando la luz solar directa y cubriendo con papel aluminio después de su manipulación. Se determinó el peso y color de la pulpa como se describió anteriormente. Se contó el número total de semillas y peso total por fruto.

En este estudio, se desarrollaron dos modelos teóricos para la obtención de extractos fenólicos de semillas de crucetillo: uno a partir de la extracción acuosa y otro por extracción etanólica. Las dos líneas de producción se desarrollaron con base en trabajos reportados por diversos autores, considerando como principales variables la temperatura, el tipo de disolvente, la concentración del disolvente y la relación soluto-solvente. Se aplicaron ecuaciones de balance total de masa para cada operación unitaria, considerando los rendimientos de cada operación, así como ecuaciones de diseño para calcular las capacidades de los equipos. Para describir el proceso de extracción, se basó en la metodología descrita por Treybal (1997) empleando un diagrama de fases triangular para representar gráficamente el equilibrio del sistema. El proceso se diseñó para generar extractos acuosos y etanólicos con una concentración de 20% p/p, a partir de una alimentación de 100 kg de fruto. La eficiencia de la extracción se calculó a partir de la relación entre la masa final obtenida de polifenoles sobre la masa inicial presentes en la semilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física y morfológica

En el Cuadro 1 se muestran los valores promedio de los parámetros físicos y colorimétricos del fruto de crucetillo, obtenidos en este trabajo. Éstos fueron comparados con los reportados por Juárez-Trujillo *et al.* (2018) en *R. monantha* Benth. El peso promedio del fruto fue de 15.02 ± 5.91 g, del cual 36.33% correspondió a pulpa seca, 44.61% a semillas y 19.06% a corteza. Los frutos de este estudio presentaron un menor tamaño, pero mostraron un mayor rendimiento en pulpa. A nivel de semilla, se observó similitud en el número de semillas por fruto, en ambos estudios (228 y 240, respectivamente). El análisis de los parámetros tamaño promedio de fruto, peso del fruto, porcentaje de pulpa y semilla y color de ambos estudios, sugiere que se tratan de morfotipos diferentes, lo que podría estar asociado a factores agroecológicos. Los frutos reportados por Juárez-Trujillo *et al.* (2018) fueron colectados en el municipio de Actopan, Veracruz, mientras los frutos de este estudio provienen del municipio de Alvarado. A pesar de que ambos municipios poseen un clima cálido subhúmedo, difieren en cuanto a humedad media (93 y 79%), temperatura promedio (23 y 26°C) y precipitación pluvial (1,200 y 1,750 mm), respectivamente (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz, 2016).

En cuanto al color del fruto, el valor promedio de L^* fue de 33.54, lo que indica que, en general, los frutos maduros de crucetillo tienen un color oscuro. Estos resultados concuerdan con Juárez-Trujillo *et al.* (2018). No obstante, el ángulo matiz presentó una gran variación, lo cual podría estar relacionado con las diferentes etapas de maduración de los frutos. Al promediarse los valores de frutos maduros (oscuros) con fruto menos maduros (amarillo), se ve afectado el promedio general para este parámetro.

Estos resultados exhortan a un estudio morfológico más detallado, además de considerarse la conservación, reproducción, resiembra o uso industrial de esta variedad de crucetillo con fines nutraceuticos.

Cuadro 1. Valores promedio ($\pm$ DS) de las características físicas y morfológicas de frutos de crucetillo de este estudio comparados con los reportados por Juárez-Trujillo *et al.*, 2018.

Caracterización física	Este estudio	Juárez Trujillo <i>et al.</i> , 2018
Diámetro menor (cm)	3.036 $\pm$ 0.39	4.49 $\pm$ 0.32
Diámetro mayor (cm)	3.255 $\pm$ 0.41	6.05 $\pm$ 0.38
Peso del fruto completo (g)	15.02 $\pm$ 5.91	57.33 $\pm$ 12.10
% pulpa seca/fruto (p/p)	36.33%	28.10%
% semillas/fruto (p/p)	44.61%	53.59%
Número de semillas	228 semillas	240 semillas
Color		
L^*	33.54 $\pm$ 3.60	26.10 $\pm$ 1.36
a^*	3.52 $\pm$ 2.52	1.67 $\pm$ 0.91
b^*	9.29 $\pm$ 4.56	5.98 $\pm$ 2.08
Ángulo matiz ($^\circ$)	56.37 $\pm$ 14.31	20.45 $\pm$ 0.90
Saturación	10.15 $\pm$ 5.06	7.47 $\pm$ 0.11

Propuesta de diseño de dos líneas de producción de extractos

En la Figura 1 se presenta el diagrama y balances de materia para la obtención de extractos acuoso y etanólico a partir de semillas de crucetillo, con una concentración final de polifenoles de 20% p/p, a partir de una alimentación de 100 kg de fruto. El proceso consta de 7 fases, que inicia con el desengrullado, un corte longitudinal, que permite eliminar parcialmente la pulpa y extraer las semillas frescas. Para preservar los polifenoles, las semillas deben someterse a una inmersión en agua, a una temperatura no inferior a 1°C ni mayor a 25°C. En una despulpadora de acero inoxidable con tolva se separan las semillas viables. En un secador de bandeja, se secan con aire a 45°C durante 1 h, hasta obtener un contenido de humedad de 5.85%, aunque el rango puede variar entre 1 y 12% en base seca. Una vez secas, las semillas se trituran y descascarillan, para ser molidas en un molino de rodillos (capacidad 20-40 kg/h, $P=0.5$ HP), y se tamizan hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm (tamiz vibratorio con malla de hasta #16 en escala de tamices de Tyler).

El proceso de extracción sólido-líquido (S-L) se realiza en un tanque de mezclado con cuatro deflectores y un propulsor de turbina, con agitación a 300 rpm durante 30 min a 60°C. La alimentación de disolvente necesaria para satisfacer la relación soluto:disolvente (1 kg:10 L) se calculó a partir de la masa de semillas alimentada (21.787 kg para cada corriente) y la densidad del disolvente a 25°C, resultando en 171.896 kg de etanol y 217.211 kg de agua, respectivamente. En este punto del proceso, el contenido de polifenoles (PF) presentes en la semilla es del 2% que equivale a 0.435 kg de polifenoles por cada 21.787 kg de alimentación.

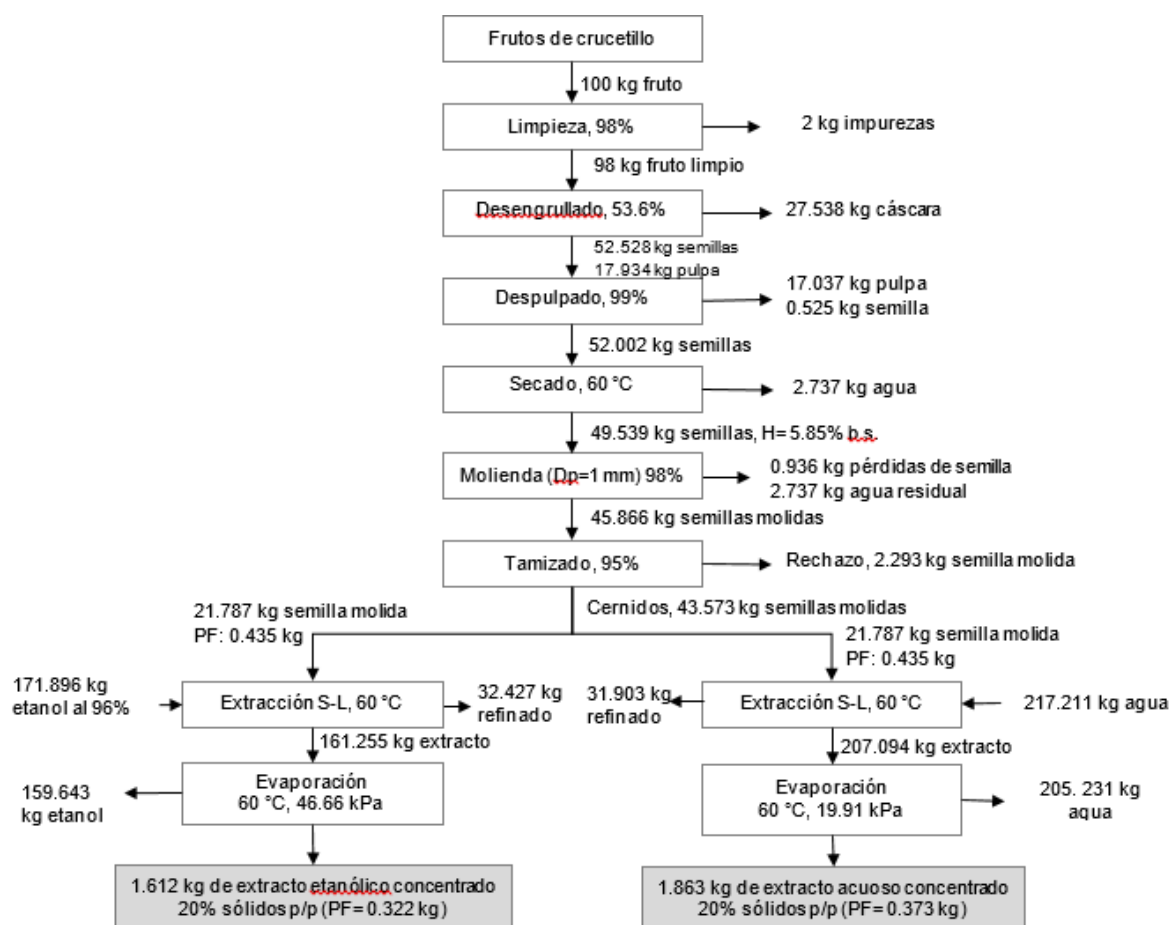


Figura 3. Diagrama propuesto y balances de materia para la obtención de extractos etanólicos y acuosos a partir de semillas de *Randia* sp.

Se debe utilizar un tanque con un volumen total de 0.3 m³ (300 L), operado a una potencia máxima de 6.23 HP. Los cálculos se realizaron a partir del volumen de disolvente, considerando que éste no debe operar a su máxima capacidad. En esta fase del proceso, la maceración es importante, el crucetillo debe reposar por al menos 24 h a 4 °C en la oscuridad, para evitar que se oxiden los fenoles. Al final del proceso, la evaporación permite recuperar el etanol y/o retirar una parte del agua, hasta obtener una concentración de los compuestos fenólicos equivalente a 20% p/p. Esta etapa se realiza en un evaporador de circulación forzada (capacidad de trabajo 10 L) a 60 °C, que corresponde a la temperatura de ebullición al vacío. La presión de vacío varía según la línea de producción, de acuerdo a la presión de vapor del disolvente empleado. Si el disolvente es etanol, la presión debe ajustarse a 46.66 kPa; en el caso del agua se ajusta a una presión de 19.91 kPa, presión a la cual se alcanza el punto de ebullición para cada disolvente (Pasamar *et al.*, 2007; Casazza, Aliakbarian y Perego, 2011; Fernández *et al.* 2018; Quiñones y Yanises, 2019). Como en todo proceso hay pérdidas; la corteza del fruto puede emplearse para composta, la pulpa puede recircularse a una nueva línea de proceso para extraer polifenoles. En el caso del vapor de agua, es liberado al ambiente, y el etanol evaporado puede condensarse y reutilizarse en nuevos lotes, siempre y cuando sea un proceso económicamente factible.

Para calcular la masa de polifenoles al final de la extracción, se empleó el método gráfico (diagrama ternario de los sistemas acuoso y etanólico) y una secuencia de ecuaciones de balance de masa total y por componentes (soluto y disolvente), de acuerdo a Treybal (1997). A partir de los cálculos se obtuvo una masa de 0.322 kg para el extracto etanólico y de 0.372 kg para el extracto acuoso.

Finalmente, el rendimiento de la extracción se calculó a partir de la relación entre el contenido final de polifenoles en el extracto concentrado contra el contenido inicial en las semillas de crucetillo (0.435 kg), obteniendo un rendimiento de la extracción de 85.69% para el extracto acuoso y de 74.14% para el extracto etanólico.

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización física del fruto de crucetillo, encontrándose que está compuesto de 36.33% de pulpa seca, 44.61% de semillas (~228 semillas por fruto) y 19.06% de corteza por peso total del fruto. Se infiere que, para una especie en particular, puede expresarse un morfotipo de acuerdo a las condiciones geoclimáticas del entorno. Además, se obtuvo información relevante para sentar la ingeniería de dos líneas productoras de extracto. Se determinó un rendimiento de la extracción aproximado de 85.69% para el extracto acuoso y de 74.14% para el extracto etanólico, generando extractos concentrados con un elevado contenido de fenoles (20% p/p). Este producto al ser un concentrado de compuestos bioactivos, puede ofrecer la misma eficiencia contra el extracto artesanal diluido, pero en un volumen menor, para su uso en la industria alimenticia, farmacéutica o cosmética, entre otras. Se recomienda realizar un estudio de mercado para cuantificar la demanda real del producto, así como diseñar una línea de extracción para lograr el aprovechamiento integral de la pulpa, ya que este estudio se centró en el aprovechamiento de semillas debido a que es la principal fuente de compuestos fenólicos del fruto.

LITERATURA CITADA

- Aedo Santos, F. J. y Granados Sánchez, J. C. 2000. La medicina complementaria en el mundo. Revista mexicana de Medicina Física y Rehabilitación 12:91-99.
- Alkhatib, A., Tsang, C., Tiss, A., Baborun, T., Arefanian, H., Barake, R., Khadir, A., and Tuomilehto, J. 2017. Functional Foods and Lifestyle Approaches for Diabetes Prevention and Management. Nutrients 9(12): 1310. <https://doi.org/10.3390/nu9121310>
- Casazza, A., Aliakbarian, B. y Perego, P. 2011. Recovery of phenolic compounds from grape seeds: effect of extraction time and solid-liquid ratio. Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters 25(18):1751-1761.
- Cuevas-Juárez, E., Yuriar-Arredondo, K. Y., Pío-León, J. F., Montes-Avila, J., López-Angulo, G., Díaz-Camacho, S. P., y Delgado-Vargasa, F. 2014. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory properties of soluble melanins from the fruits of *Vitex mollis* Kunth, *Randia echinocarpa* Sessé et Mociño and *Crescentia alata* Kunth. Journal of Functional Foods 9:78-88.
- Drago Serrano, M. E., López López, M. y Sainz Espuñes, T. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas 37(4):58-68.
- Fernández, J., Pascual, G., Silva, M. I., Salvá, B., Guevara, A. y Encina, C. 2018. Efecto del tratamiento enzimático de la semilla de moringa (*Moringa oleifera*) sobre las características físico-químicas del aceite obtenido por extracción con prensa expeller. Scientia Agropecuaria 9(3):371-380.
- García Cruz, N. D. 2018. Obtención de extractos a partir del fruto del crucetillo (*Randia aculeata*) y la evaluación de sus efectos sobre el crecimiento de *Mycobacterium bovis*. Tesis para obtención de título profesional. Universidad Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2018/septiembre/0780247/0780247.pdf>.

- García Juárez, L. O., García Rodríguez, R. V., Ramos Hernández, R. R., García Medina, F. E., Galván Colorado, C., Bravo Espinoza, I., Sánchez Medina, A., Trigos Landa, A. R. y Ramos Morales, F. R. 2018. Efecto analgésico y anti-inflamatorio de *Randia aculeata* L. var. *Aculeata* "cruetillo" en un modelo murino. En Colección Memorias de los Congresos de la Sociedad Química de México. 53° Congreso Mexicano de Química y 37° Congreso Nacional de Educación Química. CDMX, México. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial.
- García Rivera, L. M., García Vázquez, J. A., Jiménez Domínguez, A. U., Padilla Flores, J. M. y Pascual, R. 2019. Identificación de compuestos activos de la *R. monantha* Benth para posibles aplicaciones farmacéuticas. 2do. Congreso Multidisciplinario. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Repositorio Institucional de Investigación. En línea: http://189.240.194.249/bitstream/123456789/1299/1/Cartel_Luz_Maria_Garcia.pdf
- Goyal, S., Lambert, C., Cluzet, S., Mérillon, J. M. y Ramawat, K. 2011. Secondary Metabolites and Plant Defence. En: J.M Mérillon, K.G. Ramawat (Ed.), Plant Defence: Biological Control (109–138). Springer.
- Juárez-Trujillo, N., Monribot-Villanueva, J. L., Alvarado-Olivarez, M., Luna-Solano, G., Guerrero-Analco, J. A. y Jiménez-Fernández, M. 2018. Phenolic profile and antioxidative properties of pulp and seeds of *Randia monantha* Benth. Industrial Crops and Products 124:53-58.
- Londoño Londoño, J. 2012. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. En: Desarrollo y Transversalidad. Serie Lasallista. Investigación y Ciencia (pp. 130-162). Corporación Universitaria Lasallista. <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf>
- Luengo Fernández, E. 2007. Alimentos funcionales y nutraceuticos. Sección de Cardiología Preventiva y Rehabilitación. Sociedad Española de Cardiología. 82 p.
- Mahomoodally, F., Aumeeruddy-Elalfi, Z., Venugopala, K. N., y Hosenally, M. 2019. Antiglycation, comparative antioxidant potential, phenolic content and yield variation of essential oils from 19 exotic and endemic medicinal plants. Saudi Journal of Biological Sciences 26(7):1779-1788
- Martínez- Valverde, I., Periago, M. J., y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(1): 5-18.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003. Serie de Informes Técnicos 916: Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Organización Mundial de la Salud. Ginebra
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2021. Enfermedades no transmisibles. En línea: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Consultado: 05 de julio de 2021
- Pasamar, M.A., Ibarra, A., Cienfuegos-Jovel-Lanos, E. y Laghi, S. y Arizti Acha, M. 2007. Proceso de obtención de extractos de cacao con elevado contenido de polifenoles.) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. España. WO2007/138118/A1.
- Quiñones, O. y Yanises, M. 2019. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de residuos de café (café silverskin) variedad arábica (*Coffea arabica* L.). Tesis para la obtención de título profesional. Universidad Nacional de Trujillo. (<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13412/Olano%20Qui%F1ones,%20Magali%20Yanises.pdf?sequence=3>)
- Rojas S., Lopera J. S., Uribe A., Correa S., Perilla N. y Marín J. S. 2015. Consumo de nutraceuticos, una alternativa en la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles. Revista Biosalud 4:91-103.
- Treybal, R. E. 2000. Operaciones de transferencia de masa. Tercera edición. McGraw Hill. E.E. U.U. 858 p.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRIJOL COMÚN SOMETIDO A EFECTO COMBINADO DE NITRÓGENO Y RHIZOBIUM

Osbaldo Martínez-Ríos¹
 Rafael Delgado-Martínez¹
 Laura Rosa Margarita Sánchez-Castillo¹
 Efraín Neri-Ramírez¹
 Ernesto Díaz-López²

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas
²Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida, Universidad Tecnológica de Tehuacán
rdelgado@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El frijol común es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales, que la hace de gran importancia para el consumo humano. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el rendimiento del frijol sometido a efecto combinado de nitrógeno y rhizobium, el cual se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Municipio de Victoria, Tamaulipas. Durante el ciclo de desarrollo del cultivo de frijol la temperatura máxima osciló entre los 25 y 42°C, mientras que la temperatura mínima osciló entre los 10 y 27°C. Los tratamientos que registraron el mayor contenido de Nitrógeno en grano, y por ende el menor contenido de nitrógeno en planta, fueron los tratamientos 5 (PA+Rh+60kgN) y 7 (PA+60kgN) con un 80% de nitrógeno en grano y un 20% de nitrógeno en planta. Se destaca que estos tratamientos también presentaron los valores más altos de unidades SPAD con un total entre 44 y 45 unidades. La aplicación de microorganismos aunado a la aplicación de fertilizantes químicos no explica el incremento en el rendimiento, por lo que su análisis debe ser separado. Es necesario realizar más trabajos de investigación sobre estos microorganismos y diferentes niveles de nitrógeno para contar con datos más específicos sobre su efecto en el rendimiento del frijol.

Palabras clave: SPAD, Unidades calor, Evapotranspiración

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de nitrógeno es a menudo un factor limitante para la alta productividad en los cultivos de frijol. Por lo tanto, los fertilizantes nitrogenados se aplican comúnmente a los campos de frijoles en países donde están fácilmente disponibles. Sin embargo, las plantas no pueden utilizar todo el fertilizante nitrogenado que se aplica al suelo ([van Kessel y Hartley, 2000](#)), lo que genera escorrentía y contaminación de las aguas subterráneas. La inoculación de semillas de leguminosas con bacterias puede asegurar su presencia en el entorno de las raíces en cantidades adecuadas para colonizar la rizosfera de las leguminosas, mejorando así la fijación de nitrógeno en la formación de nódulos ([Mahmud et al., 2020](#)). Sin embargo, la eficiencia de la inoculación de Rhizobium depende del genotipo del hospedador, la eficiencia de la cepa de Rhizobium, las condiciones del suelo y los factores climáticos ([Yuan et al., 2020](#)).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se considera la leguminosa de grano más importante ([Jiang et al., 2020](#)), pero generalmente se considera un fijador de nitrógeno bastante ineficaz en comparación con otras leguminosas de grano ([Wilker et al., 2020](#)). Esto quizás se deba en parte a la ausencia de cepas de rizobios apropiados, cultivares hospederos, variables ambientales ([Reinprecht et al., 2020](#)) y reducción de la nodulación efectiva por competencia de altas poblaciones de Rhizobia spp nativas

competitivas pero ineficaces (Argaw y Akuma, 2015). Por lo tanto, la mejora de la fijación de nitrógeno del frijol requiere un enfoque multidisciplinario para aumentar la capacidad del huésped para fijar nitrógeno (di Cenzo *et al.*, 2018) y una selección de cepas de *Rhizobium* efectivas que puedan lograr nodulación productiva en presencia de poblaciones nativas de bacterias presentes en la mayoría de los suelos. Aunque las inoculaciones de frijol común con rizobios han resultado en aumentos en la biomasa, el rendimiento y los niveles de nitrógeno en las plantas en ambientes controlados (Saito, 1982), la simbiosis rizobio- *Phaseolus* ha sido menos eficiente en condiciones de campo (Hungria y Vargas, 2000). La mayoría de los cultivares de frijol modernos se desarrollaron por su alto potencial de rendimiento en suelos fértiles ricos en nitrógeno, pero los altos niveles de fertilidad pueden suprimir la expresión de rasgos deseables asociados con la fijación de nitrógeno. En este sentido el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento del frijol sometido a efecto combinado de nitrógeno y *rhizobium*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas ubicada en el Centro Universitario Adolfo López Mateos, Municipio de Victoria, Tamaulipas (23° 42' 53" L N 99° 09' 13" L O, con una altitud de 393 m), temperatura y precipitación promedio anual de 30.3°C y 744.3 mm, respectivamente. Se utilizó dos variedades comerciales cv. Pinto americano y cv. Michigan, las cuales poseen granos de buena calidad, el hábito de crecimiento es de tipo arbustivo de porte bajo y en general presentan un porcentaje de germinación aceptable por arriba del 95%.

La preparación del suelo, se realizó una rotura del suelo 30 días antes de la siembra en forma tradicional con azadón (Barbecho), para facilitar la emergencia de las malezas y ser fácilmente eliminadas. Posteriormente se realizó el surcado con ayuda del azadón, 7 días antes de la siembra. La siembra se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno del 2019, de forma directa y manual a chorrillo continuo, aproximadamente 10 cm entre plantas y 0.80 m entre surcos, cabe hacer mención que dicho arreglo es el que realiza el productor.

La inoculación se realizó en la semilla al momento de la siembra. Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar la cantidad de inoculante y la cantidad de semilla tomando en cuenta la dosis de aplicación del inoculante (250 ml bioSuelo/32kg de semilla) que es la cantidad para sembrar aproximadamente una hectárea. Una vez determinada la cantidad de semilla y de inoculante, se aplicó el inoculante a la semilla en una bolsa color negro de polietileno, se homogenizó y se cerró la bolsa durante 15 minutos. En este lapso se dejó la bolsa en un lugar fresco a temperatura ambiente y donde estuviera también lejos del alcance de insectos como las hormigas. Una vez cumplidos los 15 minutos se procedió con la siembra de la semilla inoculada.

El aporcado o cultivado se realizó de manera manual con ayuda del azadón. Se realizó a los 30 días después de la siembra. A esta edad la planta debe presentar una altura entre 10 y 20 cm. Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar la cantidad de fertilizante a aplicar en base a las dosis de fertilización de 60 kg N/ha y 90 kg N/ha. Se aplicó por medio de una zanja paralela al surco de siembra dicha zanja fue elaborada con ayuda del azadón, con una distancia de separación aproximada de 15 cm entre surco y zanja. El fertilizante granulado se aplicó aproximadamente a 5 cm de profundidad y se cubrió con tierra para evitar su volatilización. La fertilización se realizó 40 días después de la siembra.

El diseño experimental propuesto fue el de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2x2x2, con tres repeticiones. Donde los factores se distribuyeron de la siguiente forma:

Factor Variedad de Frijol	Factor Nivel de Inoculante	Factor Nivel de Nitrógeno	Tratamientos
Michigan	Con Inoculante	60 kg N/ha	Tratamiento 1
		90 kg N/ha	Tratamiento 2
	Sin Inoculante	60 kg N/ha	Tratamiento 3
		90 kg N/ha	Tratamiento 4
Pinto Americano	Con Inoculante	60 kg N/ha	Tratamiento 5
		90 kg N/ha	Tratamiento 6
	Sin Inoculante	60 kg N/ha	Tratamiento 7
		90 kg N/ha	Tratamiento 8

Cada unidad experimental fue constituida por 3 surcos de 2 m de largo y como parcela útil se tomó el surco central. La distancia entre surcos fue de 0.75 m y entre plantas 0.10 m. Las variables que se evaluaron fueron la altura de la planta, número de hojas, número de flores, número de vainas, número de granos, peso de las hojas, peso de las vainas y peso del grano.

Se tomaron lecturas a través del medidor de clorofila SPAD “502 Plus Minolta” en el nivel inferior, intermedio y superior de la planta. De igual manera para los datos de humedad y SPAD se utilizó Excel como herramienta de análisis de dicho comportamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de desarrollo del cultivo de frijol la temperatura máxima osciló entre los 25 y 42°C, mientras que la temperatura mínima osciló entre los 10 y 27°C. Durante la etapa de floración la temperatura máxima osciló entre los 8 y 32°C, mientras que la temperatura mínima osciló entre los 5 y 18°. En la etapa de llenado de vaina la temperatura máxima osciló entre los 28 y 35°C, mientras que la temperatura mínima osciló entre los 16 y 20°C. Cabe hacer mención que dichas etapas son las más críticas durante el desarrollo del cultivo. Por otro lado, durante el desarrollo del cultivo los rangos de precipitación oscilaron entre 1 y 41 mm. Así mismo los rangos de evaporación oscilaron entre los 1 y 6 mm. Se destaca que durante la floración se registraron 41 mm de precipitación a los 69 días después de la siembra. Aunque las precipitaciones en diciembre fueron menores propiciaron un balance para el mantenimiento de la floración, fructificación y llenado de vaina. La Figura 1 muestra la dinámica de las temperaturas diarias mínimas y máximas y precipitación y evaporación acumulada diaria durante el desarrollo del cultivo.

Para el desarrollo del cultivo de frijol que comprende aproximadamente 110 días se requieren aproximadamente 1800 unidades calor. Durante la etapa de floración que es aproximadamente a los 45 DDS, se requiere de 1000 unidades calor y se tiene una evapotranspiración de 150 mm. Mientras que en la etapa de llenado de vainas que es aproximadamente a los 80 DDS, se requiere de 1400 unidades calor y se tiene una evapotranspiración de 250 mm. Estas dos etapas mencionadas son críticas para el buen desarrollo del cultivo. La Figura 2 muestra las unidades calor requeridas a lo largo del desarrollo del cultivo de frijol, así como la evapotranspiración.

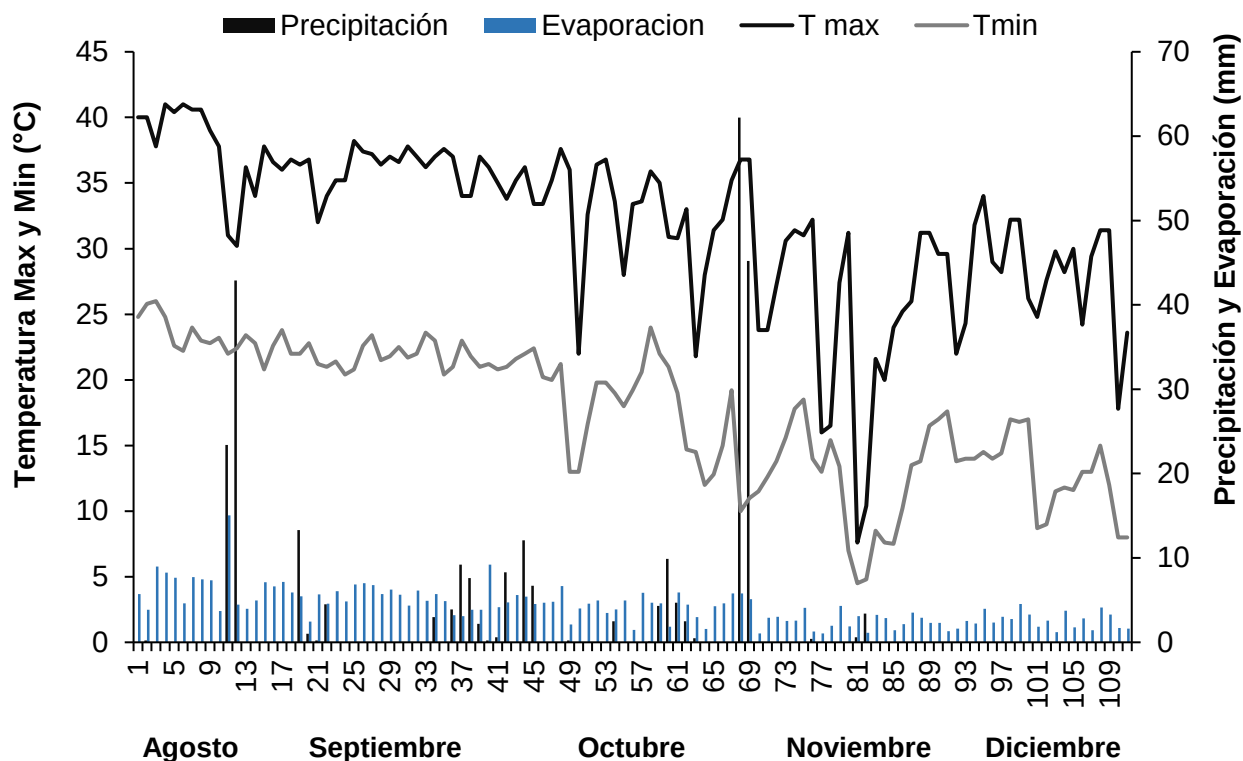


Figura 1. Dinámica de las temperaturas diarias mínimas y máximas y precipitación y evaporación acumulada diaria durante el desarrollo del cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

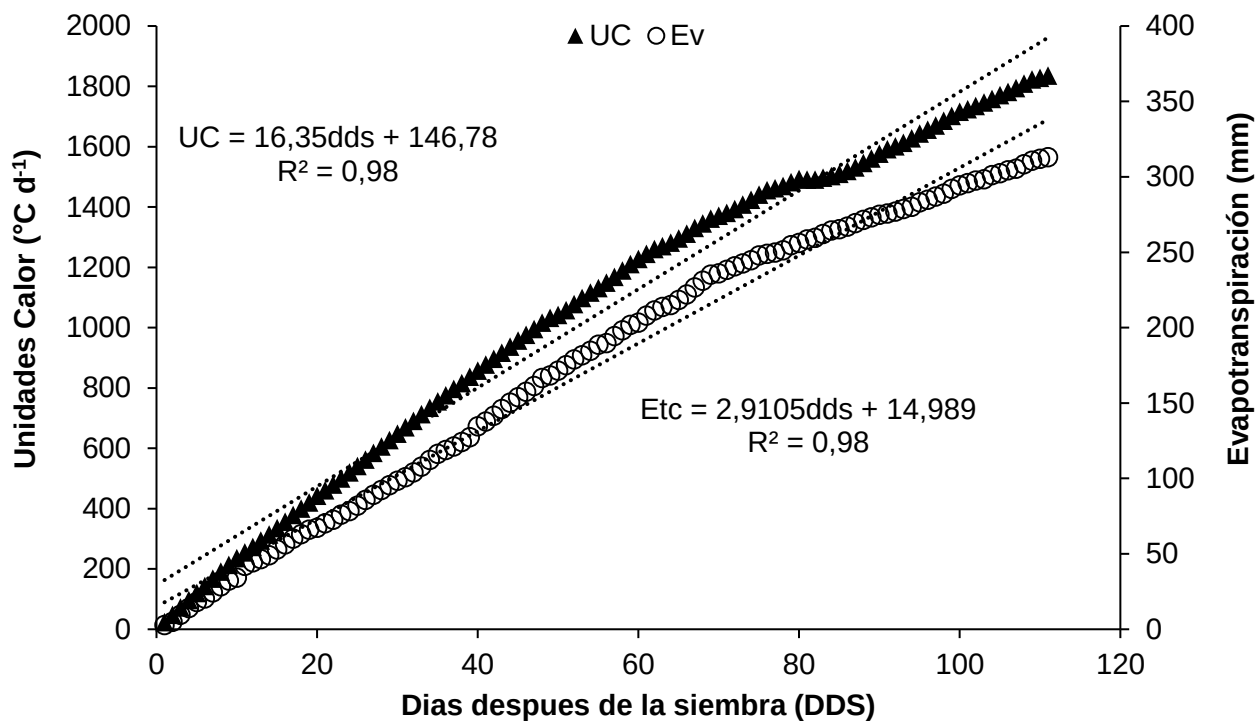


Figura 2. Unidades calor y evapotranspiración durante el desarrollo del cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

La (figura 3) muestra las alturas registradas en tres etapas críticas durante el desarrollo del cultivo, floración, formación de vaina y madurez fisiológica. De manera general los tratamientos que registraron las alturas mayores en las tres mediciones fueron el tratamiento 8 (PA+90kgN), 7 (PA+60kgN) y 6 (PA+Rh+90kgN), dichos tratamientos corresponden al cv. Pinto americano, a excepción del tratamiento 5 (PA+Rh+60kgN) que registró las alturas menores durante las mediciones debido a factores externos al experimento. En cuanto a los tratamientos 1 (NM+Rh+60kgN), 2 (NM+Rh+90kgN), 3 (NM+60kgN), y 4 (NM+90kgN) se registraron las menores alturas, dichos tratamientos corresponden al cv. Negro Michigan. El tratamiento 4 del cv. Negro Michigan registró las alturas mayores durante estas tres etapas fenológicas. Estas alturas registradas se relacionan con las características fenotípicas de cada variedad, debidas a que las plantas del cv. Pinto americano presentan un porte más arbustivo que el cv. Negro Michigan.

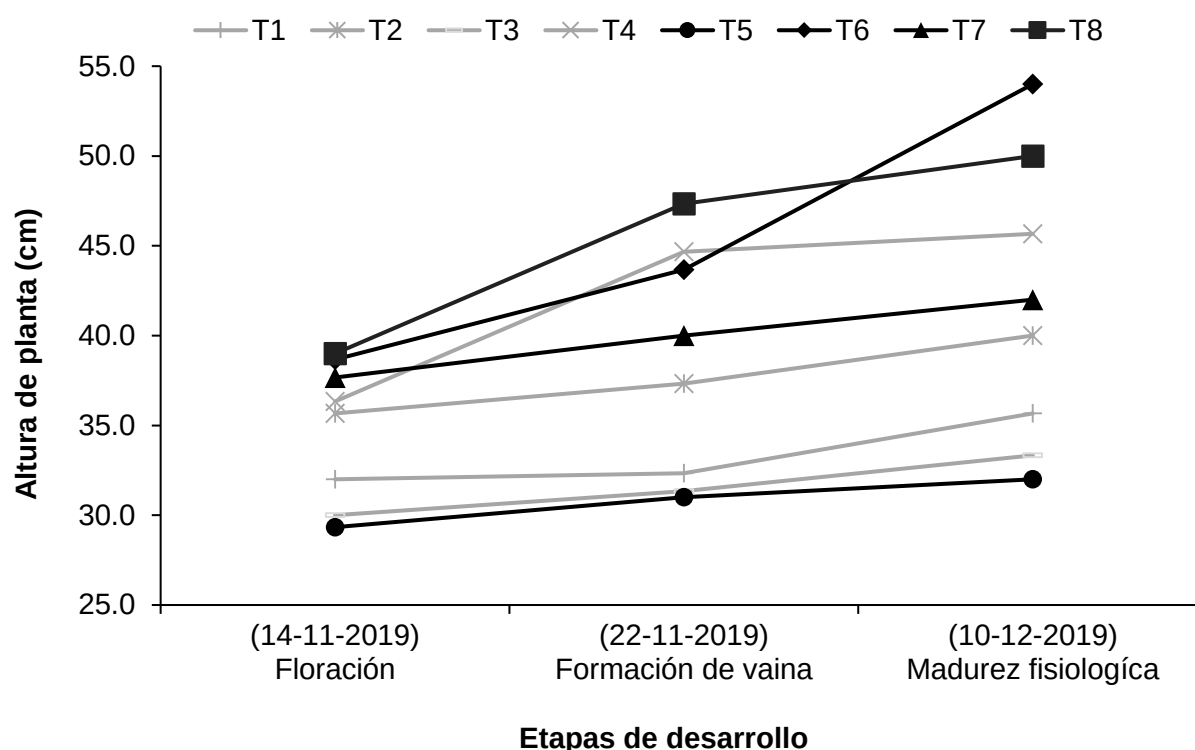


Figura 3. Altura de la planta durante el desarrollo del cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

Unidades SPAD del cultivo de frijol

En el nivel superior de la planta los tratamientos 3 (NM+60kgN), 5 (PA+Rh+60kgN) y 7 (PA+60kgN) presentaron un comportamiento similar, registrando entre 44 y 45 unidades SPAD. Del mismo modo, en el nivel superior los tratamientos 2 (NM+Rh+90kgN), 4 (NM+90kgN) y 6 (PA+Rh+90kgN) presentaron un comportamiento similar, registrando entre 40 y 41 unidades SPAD. El tratamiento con el menor número de unidades SPAD fue el tratamiento 8 (PA+90kgN) con un total de 36 unidades. En el nivel intermedio de la planta se tuvo más variabilidad, destacando el tratamiento 3 como el más alto con 43 unidades SPAD, y los tratamientos 2 y 6 como los más bajos de este nivel con 28 unidades SPAD. Por último, en el nivel inferior de la planta se tuvo de igual manera mucha variabilidad, siendo los tratamientos 3 y 6 los más altos con 38 unidades SPAD y los tratamientos 6 y 8 los más bajos con un total entre 21 y 23 unidades SPAD (Figura 4).

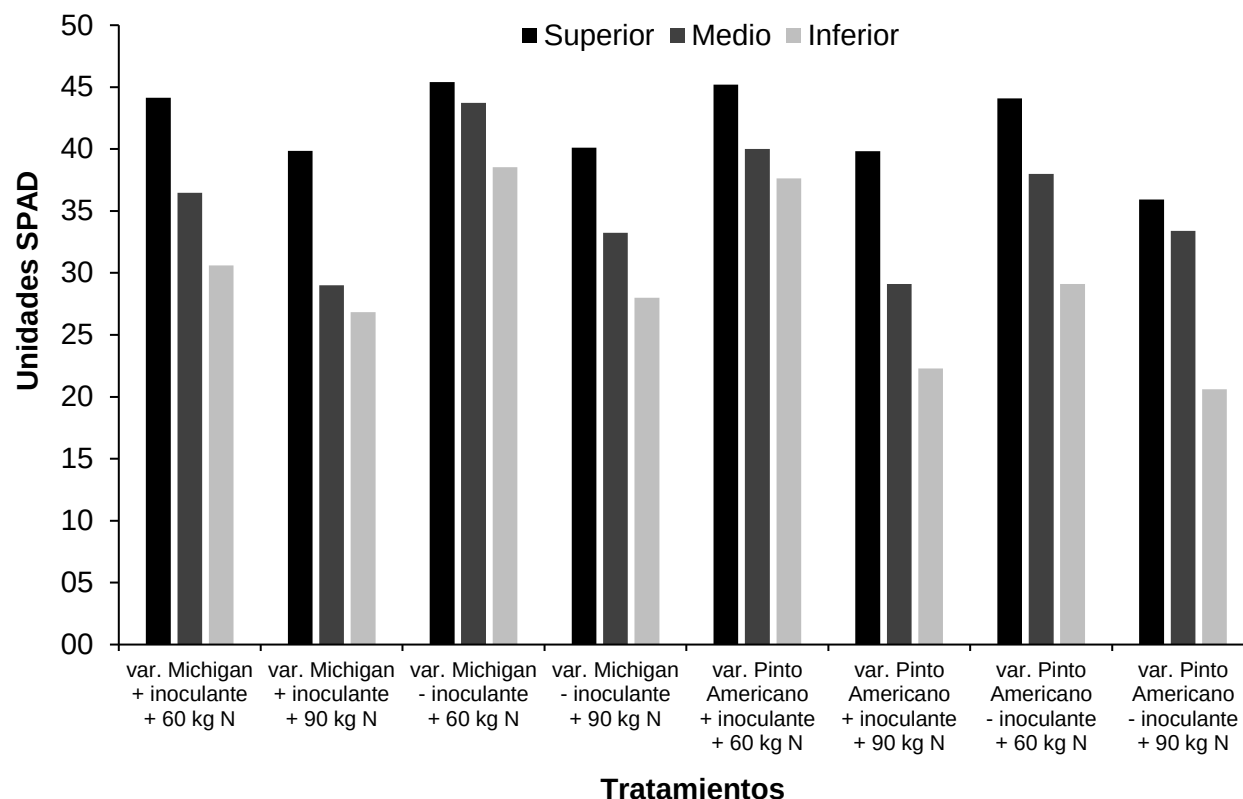
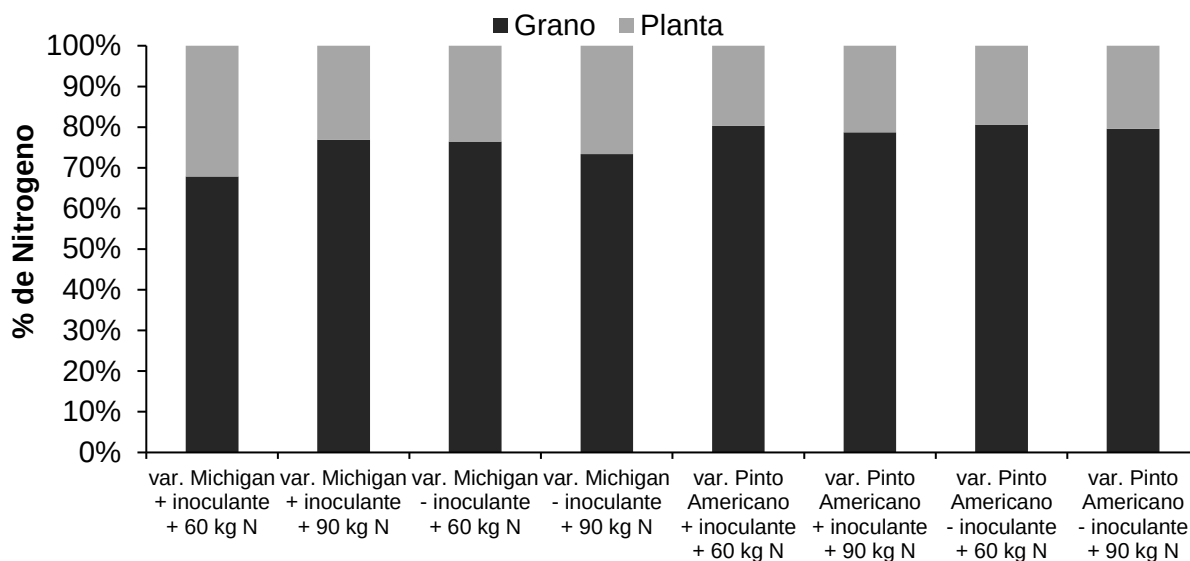


Figura 4. Unidades SPAD del cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

Porcentaje de Nitrógeno en grano y planta en el cultivo de frijol

Los tratamientos que registraron el mayor contenido de Nitrógeno en grano, y por ende el menor contenido de nitrógeno en planta, fueron los tratamientos 5 (PA+Rh+60kgN) y 7 (PA+60kgN) con un 80% de nitrógeno en grano y un 20% de nitrógeno en planta. Se destaca que estos tratamientos también presentaron los valores más altos de unidades SPAD con un total entre 44 y 45 unidades. Los tratamientos 6 (PA+Rh+90kgN) y 8 (PA+90kgN) registraron un comportamiento similar con un 78% de nitrógeno en grano y un 22% de nitrógeno en planta. Por otro lado, el tratamiento que registró el menor contenido de nitrógeno en grano y por ende el mayor contenido de nitrógeno en planta, fue el tratamiento 1(NM+Rh+60kgN), con un 68% de nitrógeno en grano y un 32% de nitrógeno en planta como se observa en la siguiente figura.



Tratamientos

Figura 5. Porcentaje de nitrógeno en grano y planta del cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

El análisis de los datos sobre la dinámica del rendimiento de grano durante el desarrollo del cultivo de frijol en función al porcentaje de radiación incidente, indica que conforme el porcentaje de radiación aumenta en el cultivo el rendimiento de grano aumenta (Figura 6).

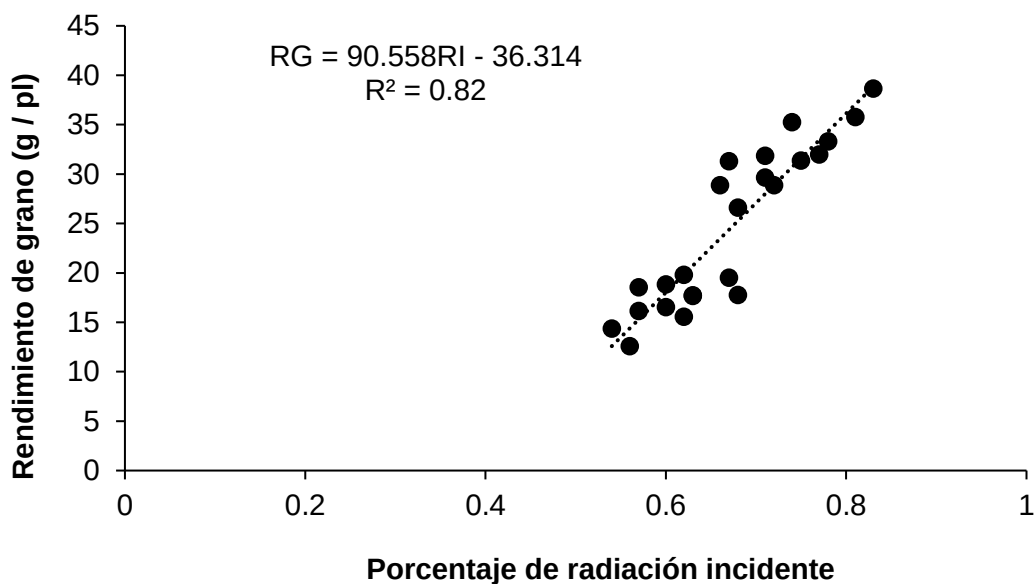


Figura 6. Relación entre el rendimiento de grano y el porcentaje de radiación incidente en el cultivo de frijol en Victoria, Tamaulipas.

CONCLUSIONES

Es importante comprender las funciones y roles de microorganismos en los cultivos para poder usarlos de manera más eficiente. La aplicación de microorganismos aunado a la aplicación de fertilizantes

químicos no explica el incremento en el rendimiento, por lo que su análisis se tiene que ver por separado. Es necesario hacer más trabajos y trabajar con más microorganismos y diferentes niveles de nitrógeno para poder tener una visión más clara de su efecto en el rendimiento de frijol.

LITERATURA CITADA

- Argaw, A., Akuma, A., 2015. *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciaesp.* inoculation improves the agronomic efficiency of N of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Environmental System Research*, 4(11): 1-13.
- diCenzo, G.C., Zamani, M., Checcucci, A., Fondi, M., Griffiths, J.S., Finan, T.M., Mengoni, A., 2018. Multidisciplinary approaches for studying *Rhizobium*–legume symbioses. *Canadian Journal Microbiology*, 65, 1-33.
- Hungria M., Vargas M. A. T. 2000. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research*, 65: 151–164.
- Jiang, Y., MacLean, D. E., Perry, G.E., Marsolais, F., Hill, B., Pauls, K.P., 2020. Evaluation of beneficial and inhibitory effects of nitrate on nodulation and nitrogen fixation in common bean 15 (*Phaseolus vulgaris*). *Legume Science*, 2(45): 1-11.
- Mahmud, K., Makaju, S., Ibrahim, R., Missaoui, A., 2020. Current progress in nitrogen fixing plants and microbiome research. *Plants*, 9(97):1-17.
- Reinprecht, Y., Schram, L., Marsolais, F., Smith, T.H., Hill, B., Pauls, K.P., 2020. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. *Frontiers in Plant Science*, 11(1172):1-19
- Saito S. M. T. (1982). Field evaluation of the symbiotic fixation abilities among *Rhizobium phaseoli* strains. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 17: 999–1006.
- Van Kessel C., Hartley C. 2000. Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? *Field Crops Research*. 65:165–181.
- Wilker, J., Navabi, A., Rajcan, I., Marsolais, F., Hill, B., Torkamaneh, D., Pauls, K.P., 2019. Agronomic performance and nitrogen fixation of heirloom and conventional dry bean varieties under low-nitrogen field conditions. *Frontiers in Plant Science*, 10(952):1-21.
- Yuan, K., Reckling, M., Artigas Ramirez, M.D., Djedidi, S., Fukuhara, I., Ohyama, T., Yokoyama, T., Bellingrath-Kimura, S.D., Halwani, M., Egamberdieva, D., Ohkama-Ohtsu, N., 2020. Characterization of *Rhizobia* for the Improvement of Soybean Cultivation at Cold Conditions in Central Europe *Microbes Environments*, 35(1):1-13.

PRODUCCIÓN DE LECHUGA Y FRIJOL EJOTERO CON LOMBRICOMPOSTA, FERTILIZANTE QUÍMICO Y COMBINADOS EN CAMAS BIOINTENSIVAS

Karen Quintana-Bautista¹
Ramón Díaz-Ruiz¹
Salomón Sastre-Tepoxtecatl¹
Luciano Aguirre-Álvarez¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla
dramon@colpos.mx

RESUMEN

El frijol y la lechuga son parte de la dieta de los mexicanos y son considerados parte de la gastronomía y cultura del país e impactan en su economía. La producción en los traspatios de estas dos especies satisface el autoconsumo y genera recursos económicos con los excedentes en el medio rural. El trabajo se enfoca en conocer el desarrollo del frijol ejotero y la lechuga orejona, cultivados en camas biointensivas fertilizadas con lombricomposta, fertilizante químico y la combinación de ambos. Se construyeron tres camas biointensivas a nivel traspatio con dimensiones de 1 m de ancho por 4.2 m de largo. La construcción de las camas se basó en el principio de doble excavación, que implica hacer zanjas cada 30 cm de largo, con 60 cm de profundidad. Cada cama representó un tratamiento, que fueron, lombricomposta, fertilizante químico y lombricomposta más fertilizante químico, estas se dividieron en dos partes sembrando lechuga orejona en una mitad y en la otra, frijol ejotero. Con fertilización química la altura de planta de frijol fue mayor, la combinación fertilizante químico con lombricomposta aumentó la cantidad de nódulos en las raíces seguido de la fertilización con lombricomposta. El peso de ejotes fue mayor con aplicación de fertilizante químico, igualmente el peso fresco y seco del vástago. La combinación lombricomposta con fertilizante químico generó mayor cantidad de ejotes, la longitud y espesor fue mayor con fertilizante químico. En lechuga, lombricomposta combinada con fertilizante químico y el fertilizante químico estimuló la altura de planta y el perímetro, favoreció el peso fresco y seco de hojas, también el peso fresco y seco de la raíz, así como el número de hojas y su longitud. El crecimiento de frijol ejotero y lechuga orejona se favoreció con la fertilización química combinada con lombricomposta, seguido de la fertilización química.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., *Lactuca sativa* L., traspatio

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de frijol y lechuga forman parte de la dieta de los mexicanos, de igual manera inciden en su economía, son considerados en la gastronomía y cultura de México. El frijol se produce en todo el país y la lechuga en la mayoría de los estados, por ello son encontrados en los mercados la mayor parte del año (SADER, 2019). Debido a la demanda de ambos cultivos, se busca aumentar sus rendimientos, una alternativa es mediante la aplicación de fertilizantes, sean químicos u orgánicos (FAO, 2002).

Otra razón del uso de fertilizantes es a consecuencia de la pérdida de fertilidad del suelo y mayor probabilidad de plagas, lo que disminuye la producción y calidad del cultivo (Solís y Campos, 2004). Esta disminución de suelo fértil actualmente se relaciona con el uso contante de fertilización química, lo que ha generado una visión hacia el uso de abonos orgánicos como alternativa para restaurar esa pérdida de suelo con condiciones para la obtención de buenos rendimientos en cultivos. El empleo de esta forma de fertilización tendrá ventajas y desventajas dependiendo el objetivo del agricultor ya que,

de acuerdo con Martínez *et. al.* (2017), respecto a los fertilizantes químicos, el tiempo para su incorporación al suelo será más largo que el tiempo en que puede actuar una fertilización química. Entre los abonos que pueden aplicarse como fertilización orgánica se encuentra la lombricomposta, debido a que se obtiene por la descomposición de residuos orgánicos a partir de la acción conjunta de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y distintos microorganismos (Basheer y Agrawal, 2013). Además del uso del lixiviado de la lombricomposta que aporta nutrimentos solubles y microorganismos benéficos para los cultivos (Ingham, 2005).

Los cultivos se instalaron en camas biointensivas puesto que, de acuerdo con SEMARNAT (2013), son una forma viable para producción orgánica e intensa de alimentos que requiere herramientas sencillas e insumos locales, evitando el uso de fertilizantes o insecticidas comerciales. Añadiendo a esto que su uso, además de contribuir a mejorar la calidad del suelo, da beneficios en la dieta de los productores y la posibilidad de implementar venta de los excedentes en mercados locales (Gómez *et. al.* 2018) y (Guerrero *et. al.* 2015).

Con relación a lo anteriormente mencionado el objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento del frijol ejotero y la lechuga orejona, cultivados en camas biointensivas fertilizadas con lombricomposta, fertilizante químico y la combinación de ambos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y establecimiento

El trabajo se realizó en el área de traspatio del Campus Puebla del Colegio de Postgraduados en camas biointensivas con dimensiones de 1 m de ancho por 4.2 m de largo. La construcción de las camas se basó en el principio de doble excavación, que implica hacer zanjas cada 30 cm de largo, con 60 cm de profundidad total. En los primeros 30 cm se excavó con pala una zanja de 30 cm de profundidad, la tierra obtenida de este segmento se acumuló para usarse en el último paso para armar la cama. En esta zanja, se aflojaron los próximos 30 cm de profundidad de suelo y se prosiguió a agregar lombricomposta y llenar con los primeros 30 cm de suelo excavado en la siguiente zanja. Se continúa realizando zanjas de 30 cm de largo con el mismo método, con la observación de llenar la última zanja con el suelo extraído de la primera zanja. Cada cama fue abonada con 4 kg/m² de lombricomposta hecha con gallinaza, hojarasca, hortalizas y frutas (Jeavons, 1991).

Tratamientos

Fueron utilizadas tres camas fijas, construidas en el área de traspatio exclusivamente para la siembra de estos dos cultivos. Fueron divididas en dos partes sembrando lechuga orejona en una mitad y en la otra, frijol ejotero. Cada cama se manejó con un tratamiento diferente, una con lombricomposta, otra con fertilizante químico y una con lombricomposta más fertilizante químico (Cuadro 1 y 2). En frijol ejotero se obtuvieron los datos de 10 plantas y en lechuga orejona se trabajó con cinco plantas, las cuáles se consideraron en el análisis con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Software).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos manejados con frijol ejotero.

Tratamiento	Cultivo	Siglas
<i>Lombricomposta</i>	Frijol ejotero	FLom
<i>Lombricomposta más fertilizante químico</i>	Frijol ejotero	FLomQui
<i>Fertilizante químico</i>	Frijol ejotero	FQui

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos manejados con lechuga orejona.

Tratamiento	Cultivo	Siglas
<i>Lombricomposta</i>	Lechuga	LeLom
<i>Lombricomposta más fertilizante químico</i>	Lechuga	LeLomQui
<i>Fertilizante químico</i>	Lechuga	LeQui

Siembra, trasplante y fertilización

Tras 15 min de hidratación de las semillas de frijol ejotero, se sembraron tres semillas cada 25 cm en la cama con el tratamiento de lombricomposta y se agregó lixiviado de lombricomposta al 5%, mismo que se agregó al emerger la planta y antes de la floración. El cultivo de lechuga fue bajo trasplante de plántulas y antes de trasplantar cada plántula se sumergió por 5 min en solución enraizante de sábila. Luego de los 5 min, se realizó el trasplante, agregando un trozo de pulpa de sábila, por último, se realizó un riego con lixiviado de lombricomposta al 5%, este riego también se realizó una y dos semanas después del trasplante. En la cama con fertilización química se realizó el trasplante de las plántulas de lechuga y se realizó una primera aplicación de fertilización química con fosfato diámonico a razón de 150 kg/ha, sulfato de amonio a 200 kg/ha y nitrato de potasio a 100 kg/ha. Posteriormente se fertilizó con fosfonitrato tres veces con una diferencia de 20 días entre aplicación, añadiendo en la última de estas, nitrato de potasio a la concentración mencionada. Respecto a la siembra de frijol, se realizó el mismo proceso de hidratación, este cultivo se fertilizó a los 15 días de siembra con una concentración de 60 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo, aplicando el total de fósforo y la mitad del total de nitrógeno. El restante de nitrógeno se aplicó antes de la etapa de floración. De igual manera, ambos procesos tanto para frijol como para lechuga se repitieron en la cama biointensiva tratada con fertilizante químico más lombricomposta.

Parámetros evaluados

Los parámetros para cada planta cortada de lechuga fueron, largo de la raíz, medida desde la parte basal del tallo hasta la última raíz; largo de hoja, que abarcó desde la base de la hoja hasta el ápice; el ancho de hoja se midió en la parte central de la hoja de extremo a extremo, se contaron el número de raíces adventicias y número de hojas. Se obtuvo el peso fresco de hojas y raíz con una balanza analítica Shimadzu TxB4201L y posteriormente se secaron en una estufa Scientific Group por 72h a 70°C, transcurrido ese tiempo se pesaron en la balanza, por último, se midió la circunferencia de cada lechuga.

Las variables medidas en las plantas muestreadas de frijol ejotero en cada cama intensiva fueron, la altura de la planta, midiendo el largo del tallo; largo de la raíz, medida desde la base del tallo hasta la última raíz, el peso fresco y seco del vástago y la raíz se obtuvo de la misma forma que en la lechuga, se contabilizó la cantidad de vainas formadas, se pesaron con una balanza analítica, por último, se contaron los nódulos formados en las raíces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frijol

El efecto en el crecimiento de frijol fue evidente, con la fertilización química la altura de planta fue mayor seguida de la combinación fertilizante químico con lombricomposta, sin embargo, el número de nódulos mostró comportamiento contrario, la combinación química con lombricomposta aumentó la cantidad de nódulos en las raíces seguido de la fertilización con lombricomposta (Cuadro 3). El número de raíces

adventicias en el sistema radical no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos al igual que la longitud de la raíz. Observaciones similares para altura de planta en frijol fue reportada por Jácome *et. al* (2013). En el caso del número de nódulos que fue afectado por la fertilización química, se han encontrado efectos desfavorables en la cantidad de nódulos particularmente con el uso de la urea inoculado y sin inocular con rhizobio (Kawaka *et al.*, 2018).

Cuadro 3. Tamaño de la planta y raíz, cantidad de nódulos y raíces adventicias en frijol ejotero desarrollado en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	ALP (cm)	LR (cm)	NNod	NRAAd
<i>FQui</i>	41.60 a	20.28 a	6.90 b	12.20 a
<i>FLomQui</i>	29.93 b	24.72 a	17.80 a	10.80 a
<i>FLom</i>	24.60 c	26.18 a	10.50 ab	10.00 a

ALP: altura de la planta; LR: largo de la raíz; NNod: número de nódulos; NRAAd: número de raíces adventicias.

Con respecto al peso fresco del vástago, fue mayor con la fertilización química seguida de la química combinada con la lombricomposta (Cuadro 4). Esta misma tendencia ocurrió para el peso seco del vástago, donde fue evidente el menor peso seco obtenido con lombricomposta. En cuanto al peso fresco y seco de raíz, no se registraron diferencias estadísticas. El peso de ejotes presentó diferencias significativas siendo mayor con la aplicación de fertilizante químico y menor con la adición de lombricomposta, hecho que repercute en el rendimiento final. Sin embargo, estadísticamente el peso de ejote obtenido con el fertilizante químico y la combinación entre fertilizante químico más lombricomposta no fueron diferentes. Al respecto, Elka y Laekemariam (2020) detectaron que el rendimiento de ejotes se aumenta con la integración de abonos orgánicos más fertilizante químico. Por otro lado, Gómez *et. al.* (2008) han encontrado mayor peso de vainas de frijol con lombricomposta al comparar con lo obtenido en un suelo sin abonar. Fernández *et al.* (2010) observaron que el rendimiento y crecimiento de frijol se mejora con la adición de productos de desecho orgánico.

Cuadro 4. Peso de vástago, raíz y ejote de frijol ejotero desarrollado en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	PFV (g)	PSV (g)	PFR (g)	PSR (g)	PEJ (g)
<i>FQui</i>	130.4 a	33.0 a	4.8 a	1.3 a	91.2 a
<i>FLomQui</i>	93.6 ab	31.9 ab	5.8 a	1.3 a	61.2 ab
<i>FLom</i>	75.4 b	24.2 b	4.8 a	1.3 a	31.0 b

PFV: peso fresco de vástago; PSV: peso seco de vástago; PFR: peso fresco de raíz; PSR: peso seco de raíz; PEJ: peso de ejote.

Respecto a las dimensiones del ejote, los valores más altos en longitud y espesor con diferencia estadística se alcanzaron con la fertilización química, en cambio con lombricomposta se presentaron los valores más bajos (Cuadro 5). El número mayor de ejotes formados se obtuvo con lombricomposta combinada con fertilizante químico y cuando éste se aplicó solo.

Cuadro 5. Dimensiones y número de ejotes de frijol ejotero desarrollado en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	LEJ (cm)	AEJ (cm)	EEJ (cm)	NEJ
<i>FQui</i>	9.0220 a	1.529 a	0.81700 a	34.600 a
<i>FlomQui</i>	7.4630 ab	2.144 a	0.71400 a	36.800 a
<i>FLom</i>	5.8740 b	0.640 a	0.55900 b	21.300 b

LEJ: largo del ejote; AEJ: ancho del ejote; EEJ: espesor del ejote; NEJ: número de ejotes.

Lechuga

Al igual que en el frijol ejotero, las plantas de lechugas con mayor altura se obtuvieron con la adición de lombricomposta combinada con fertilizante químico seguida de la aplicación de fertilizante químico (Cuadro 6), esto mismo ocurrió con el perímetro de las lechugas. En el caso de la longitud de la raíz y el número de raíces adventicias no tuvieron diferencias estadísticas entre las diferentes fuentes de fertilizantes.

Cuadro 6. Tamaño de la planta y raíz, número raíces adventicias y perímetro de lechuga desarrolladas en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	ALP (cm)	LR (cm)	NRAAd	Perímetro (cm)
<i>LeQui</i>	31.0 ab	17.9 a	13.6 a	69.0 a
<i>LeLomQui</i>	34.6 a	21.6 a	14.6 a	84.2 a
<i>LeLom</i>	25.6 b	19.6 a	12.2 a	47.6 b

ALP: altura de la planta; LR: largo de la raíz; NRAAd: número de raíces adventicias.

La aplicación de lombricomposta combinada con fertilizante químico favoreció el peso fresco y seco de las hojas de lechuga al igual que el fertilizante químico (Cuadro 7). Misma tendencia se registró en el peso fresco y seco de la raíz. Al respecto Zandvakili *et al.* (2019) registraron mayor peso fresco en lechugas con fertilización química aplicado de manera foliar superando los pesos frescos obtenidos con fertilización orgánica, empero no probaron combinaciones de fertilizante químico con orgánico.

Cuadro 7. Peso de hojas y raíz de lechugas desarrolladas en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	PFHLe (g)	PSHLe (g)	PFRLe (g)	PSRLe (g)
<i>LeQui</i>	699.4 a	80.4 a	48.8 a	10.5 a
<i>LeLomQui</i>	968.4 a	99.1 a	55.2 a	7.8 a
<i>LeLom</i>	329.8 b	39.4 b	23.1 b	3.4 b

PFHLe: peso fresco se hojas de lechuga; PSHLe: peso seco de hojas de lechuga; PFRLe: pes fresco de hojas de lechuga; PSRLe: peso seco de hojas de lechuga.

En el Cuadro 8 se muestra que el mayor número de hojas en las lechugas se obtuvo con la fertilización combinada entre químico y lombricomposta, seguido con el tratamiento con fertilizante químico, de igual forma, con este mismo tratamiento se registró la mayor longitud de las hojas, sin embargo, el ancho de las hojas no presentó diferencias estadísticas, siendo la dimensión de la hoja menos sensible al efecto de las fuentes de fertilizante utilizadas. Pavlou *et al.* (2007) registraron mayor longitud de las hojas de lechuga con aplicación de fertilizante químico comparado con la fertilización orgánica.

Cuadro 8. Dimensiones y número de hojas de lechugas desarrolladas en camas biointensivas abonadas con lombricomposta, fertilizante químico y su combinación.

Tra	NHLe	LHLe (cm)	AHLe (cm)
LeQui	46.4 ab	23.7 ab	12.2 a
LeLomQui	52.4 a	25.0 a	12.0 a
LeLom	38.8 b	21.8 b	13.3 a

NHLe: número de hojas de lechuga; LHLe: largo de las hojas de lechuga; AHLe: ancho de las hojas de lechuga.

CONCLUSIONES

El crecimiento de frijol ejotero y lechuga orejona cultivados en camas biointensivas se favoreció con la fertilización química combinada con lombricomposta, seguido de la fertilización química, registró el mayor peso de ejotes y el mayor peso de hojas frescas en lechuga. Únicamente en el caso de la formación de nódulos, estos aumentaron en número donde se abonó con lombricomposta.

LITERATURA CITADA

- Abreu, E., Araujo, E., Rodríguez, S.L., Valdivia, A.L., Fuentes, L. y Pérez, Y., 2018. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. Centro Agrícola. 45: 52-61.
- Basheer, M., and Agrawal, O. P. 2013. "Effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions". International Journal of Recent Scientific Research 4:247 – 249.
- Elka, E. and Laekemariam F. 2020. Effects of organic nutrient sources and NPS fertilizer on the agronomic and economic performance of Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Southern Ethiopia. Applied and Environmental Soil Science. <https://doi.org/10.1155/2020/8853552>.
- FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso: Fundamento de la necesidad de fertilizantes (aumento de la producción y aumento del ingreso de los agricultores). 3 p.
- Fernández, F., Reyes, V., Martínez, C., Salomón, G., Yáñez, J., Ceballos, J. Dendooven, M. L. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Bioresource Technology 101: 396–403.
- Gómez, R., Lázaro, G. y León, J. A. 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad y Ciencia, 24(1): 11-20.
- Guerrero, M.Y. Estrella, N.G., Sangerman, Ma. D., Jiménez, L. y Aguirre, L. 2015. Producción de alimentos en huertos familiares con camas biointensivas, en Españita, Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11:2139-2148.
- Ingham, R. E. 2005. 5ta ed. The compost tea Brewing Manual. Oregon. USA. Soil Foodweb Inc. Corvallis. 79 p.
- Jácome V., A. R.; Peñarete M. W. y Daza T. M. C. 2013. Fertilización orgánica e inorgánica en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. (12): 59-67.

- Jeavons, J. 2004. Cultivo biointensivo de alimentos, más alimentos en menos espacio. Ecology Action Willits. CA. EEUU. 6ta edición, 7-22.
- Kawaka F., Dida M., Opala P., Ombori O., Maingi J., Amoding A., and Muoma J. 2018. Effect of nitrogen sources on the yield of common vean (*Phaseolus vulgaris*) in western Kenya. Journal of Plant Nutririon. 41(13): 1652-1661.
- Martínez, D. Reyes, J., Andrés, A.R. y Morales, I., 2017. Evaluación de fertilizantes químicos y orgánicos en el rendimiento de frijol ejotero. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias 8(17): 1-7.
- Pavlou, G. C., Ehaliotis C, D. y Kavvadias V. A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successivemcrop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. Scientia Horticulturae. 111: 319-325.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2019. La importancia del frijol en México.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2019. Conozcamos un poco más sobre la lechuga.
- Solís, E. y Campo, J. 2004. Soil N and P dynamics in two secondary tropical dry forests after fertilization. Forest Ecology and Management, 195: 409–418.
- Zandvakili, O. R., Barker, A. V., Hashemi, M., Etemadi, F. and Autio, W. R. 2019. Comparisons of commercial organic and chemical fertilizer solutions on growth and composition of lettuce. Journal of Plant Nutririon. 42 (9): 990-1000.

GUISHE DE *Agave lechuguilla* Torrey EN LA PRODUCCIÓN SIN SUELO DE TULIPÁN HOLANDÉS (*Tulipa gesneriana* L.)

Fabiola Aureoles-Rodríguez¹
Pedro Rodríguez-Navarro¹
Armando Hernández-Pérez¹
Juan José Galván-Luna¹
Víctor Manuel Reyes-Salas¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Sede Saltillo
fabyaureoles@yahoo.com.mx

RESUMEN

En la región norte de México se realiza el tallado de agave lechuguilla de donde se obtiene un subproducto denominado “guishe”, el cual generalmente se desecha ocasionando un foco de infección. Con el objetivo de evaluar la incorporación de guishe como sustrato en la producción sin suelo de tulipán holandés cv. Huntsville, se obtuvo una porción parcialmente descompuesta de guishe la cual después de procesarse, se mezcló con sustratos comerciales y se colocó en contenedores los cuales se regaron con solución nutritiva. Los tratamientos se formaron con tres porcentajes de guishe (0, 10, 20%) que se mezclaron con peat moss (50, 60 y 70%), perlita (20%) y vermiculita (10%), y soluciones nutritivas elaboradas con tres concentraciones de la formulación Steiner (50, 75 y 100%). El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo factorial 3 x 3 y las variables evaluadas fueron: longitud de tallo, diámetro de tallo, tamaño de botón, días de siembra a cosecha, número de hojas y vida en florero. Después de realizar el ANOVA ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se obtuvo significancia estadística en las variables longitud de tallo y tamaño de botón. La incorporación de 10% de guishe y 100% de sales Steiner proporcionaron la mayor longitud de tallo mientras que el mayor tamaño de botón se obtuvo con las soluciones nutritivas elaboradas con el 75% y 100% de la formulación Steiner. Lo anterior sugiere que el guishe de lechuguilla mezclado con sustratos comerciales puede ser usado en la producción de cultivos sin suelo y de esta forma dar utilidad a un material de desecho reduciendo su impacto ambiental.

Palabras Clave: Floricultura, cultivos sin suelo, sustratos

INTRODUCCIÓN

En México la producción florícola es una actividad económica de importancia donde el Estado de México figura con un 90% de la producción nacional de flores de corte. Una de las especies con gran atractivo es el tulipán holandés, el cual es una especie de bulbo que se utiliza como flor de corte, planta en maceta y planta para jardín y donde para el año 2020 en México se reportó una producción de 418,800 toneladas (SIACON-NG, 2020). Una forma de producción del tulipán es como cultivo sin suelo (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011 y Trejo-Tellez *et al.*, 2013) que tiene la ventaja de obtener una producción con menos plagas y enfermedades y optimizar recursos como espacio, agua, agroquímicos, mano de obra, fertilizantes, entre otros (Cruz-Crespo *et al.*, 2012). Si bien, la producción de cultivos sin suelo ha crecido enormemente ante la carencia de suelos fértiles, falta de agua y patrones inusuales de clima, este tipo de cultivos hace uso de sustratos de diferente origen algunos de los cuales son muy efectivos pero caros por ser importados y son un recurso no renovable como es el caso del peat moss (turba) (Cruz-Crespo *et al.*, 2012). Un sustrato se define como todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno, agua suficiente y en algunos casos nutrientes para el óptimo desarrollo de las plantas y se puede usar solo o combinado (Cruz-Crespo *et al.*, 2012). En los últimos años se han

realizado un gran número de investigaciones en relación a la utilización de sustratos para la producción de cultivos sin suelo, estos han ido solos o en mezcla para mejorar sus propiedades, e inclusive, se han sometido a un proceso de transformación de modo que se obtienen materiales con propiedades físico-químicas adecuadas para la producción de cultivos (Garbanzo-León y Vargas-Gutierrez, 2014). Diferentes materiales de origen orgánico que son considerados como desecho se han utilizado como sustrato en la producción agrícola, aminorando con ello los costos de producción, entre ellos se encuentran la cascarilla de arroz, desecho del café, fibra de coco, bagazo de caña, aserrín, hojas de pino, estiércoles y bagazo de agaves como *Agave sisalana*, *A. tequilana* y *A. lechuguilla*, entre otros (Vargas *et al.*, 2008, Martínez y Roca, 2011, Crespo *et al.*, 2013, Crespo *et al.*, 2018, Castillo *et al.*, 2013). El guishe de agave lechuguilla es un subproducto considerado desecho de la talla mecánica o manual de la planta que crece silvestre en la región norte del país y es una actividad que se realiza para la obtención de una fibra conocida como ixtle valorada en el mercado para la elaboración de cepillos, tapetes, bolsas, entre otros productos (Castillo *et al.*, 2011 y 2013 y Reyes *et al.*, 2000). La parte de la planta que se utiliza para la extracción de fibra es el cogollo, que es la porción central que agrupa las hojas tiernas con un 15% de fibra y 85% de peso fresco en promedio, y además presenta la menor lignificación en comparación con las hojas laterales (Orozco *et al.*, 1977; Narcia *et al.*, 2012 y Castillo *et al.*, 2011 y 2013). El guishe obtenido tiene una cantidad importante de tejido fresco pero también un alto contenido de fibras y espinas que dificultan su utilidad y generalmente suele amontonarse ocasionando un foco de infección, aunque hay estudios que garantizan su utilidad en la alimentación del ganado y es una fuente rica de saponinas y otros compuestos químicos de interés (Narcia *et al.*, 2012, Castillo *et al.*, 2013). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar la incorporación de guishe de *Agave lechuguilla* Torrey como sustrato en la producción sin suelo de tulipán holandés (*Tulipa gesneriana* L.) cv. Huntsville.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila en el periodo de 2018-2019. Para ello se obtuvieron bulbos de tulipán holandés 'Huntsville' de una empresa ubicada en el Estado de México. El guishe se obtuvo de la comunidad de Jalpa, municipio de General Cepeda, Coahuila, ubicado en las coordenadas GPS: Longitud (dec)-101.769722, Latitud (dec) 25.552778 y a una altura de 1300 metros sobre el nivel del mar. El material obtenido se obtuvo de un montículo que se encontraba a la intemperie en parcial proceso de descomposición caracterizado por un color café ocre, y se trasladó a las instalaciones de la Universidad donde se trituró, desinfectó con vapor por un periodo de 30 minutos, se esparció para su secado al aire y se mezcló con otros sustratos comerciales de acuerdo a las especificaciones de los tratamientos mostrados en el Cuadro 1. El tratamiento testigo no tenía guishe y fue regado con la solución completa de la formulación Steiner (100%) modificada por Castellanos (2009) para el cultivo de tomate. Las mezclas se formularon en una relación volumen por volumen (v/v) con ayuda de un contenedor de dos litros.

Una vez preparado el guishe se mezcló con los sustratos comerciales y se llevó a un contenido de humedad del 60%. Posteriormente se colocó en cajas de polipropileno reciclado (plástico) con capacidad de 30 L las cuales previamente fueron lavadas y desinfectadas con agua, jabón y cloro. Luego las cajas fueron identificadas con etiquetas, en ellas se sembraron 15 bulbos a una profundidad de 8 cm y las cajas ya con bulbos se colocaron al azar dentro de un invernadero equipado con pared húmeda y extractores. La nutrición de los bulbos comenzó cuando la planta presentó una altura de 10 cm en promedio y para ello se elaboraron soluciones nutritivas en un contenedor de 200 L después de realizar un análisis de agua por el laboratorio agrícola Fertilab. El riego se realizó cada tercer día utilizando dos a tres litros por caja dependiendo de la humedad presente al momento del riego y hasta que las flores fueron cosechadas.

Cuadro 1. Formación de tratamientos con guishe de lechuguilla + sustratos comerciales y soluciones nutritivas con la formulación Steiner en la producción sin suelo de tulipán holandés.

No. de tratamiento	Solución nutritiva (%)	Mezcla del sustratos			
		Guishe (%)	Peat moss (%)	Perlita (%)	Vermiculita (%)
1	50	0	70	20	10
2	50	10	60	20	10
3	50	20	50	20	10
4	75	0	70	20	10
5	75	10	60	20	10
6	75	20	50	20	10
7	100	0	70	20	10
8	100	10	60	20	10
9	100	20	50	20	10

Las variables que se evaluaron al iniciar el cambio de color de la flor fueron: longitud de tallo el cual se obtuvo con una cinta métrica desde el nivel del sustrato a la base del botón floral, diámetro de planta que se obtuvo con un vernier a una distancia de 2 cm de la base del tallo, días de siembra a cosecha, número de hojas y tamaño de botón que se obtuvo con la siguiente formula:

$$V=3.1416*r^2*h$$

Dónde: V= tamaño de botón en cm³

r= radio o diámetro transversal del botón/2 en cm

h= altura de botón en cm

También, se obtuvo la vida en florero y para ello las flores cosechadas con tijeras cuando el botón presentó $\frac{3}{4}$ de color se llevaron al laboratorio de postcosecha donde se colocaron en floreros con agua potable y a temperatura ambiente hasta la pérdida total de la apariencia.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con igual número de repeticiones por tratamiento donde la unidad experimental fue una vara floral y los análisis estadísticos fueron un ANOVA ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) en un arreglo factorial 3x3 donde el primer factor fue el porciento de guishe en la mezcla de sustratos (MZ) y el segundo factor la solución nutritiva elaborada con diferentes porcentajes de la formulación Steiner (SNS). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete computacional SAS versión 9.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las flores de tulipán holandés para flor de corte el tamaño del tallo floral es un parámetro importante para su comercialización, siendo las flores más aceptadas las que alcanzan una mayor longitud. En el experimento después de realizar el ANOVA ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) y la comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) se observó que las flores cultivadas en la MZ donde se incorporó 10% de guishe y una SNS al 100% alcanzaron una longitud de tallo de 36 cm en promedio de forma independiente, seguida del tratamiento donde se utilizó la misma mezcla y cantidad de guishe pero con la SNS al 50%, en este último se obtuvo una longitud de tallo de 35 cm (Figura 1A y Cuadro 2). También se observó, para esta variable que al utilizar 20% de guishe en la MZ independientemente de la SNS, se obtuvo una respuesta similar al obtenido en los tratamientos testigo donde no se utilizó guishe (Figura 1A y Cuadro 2).

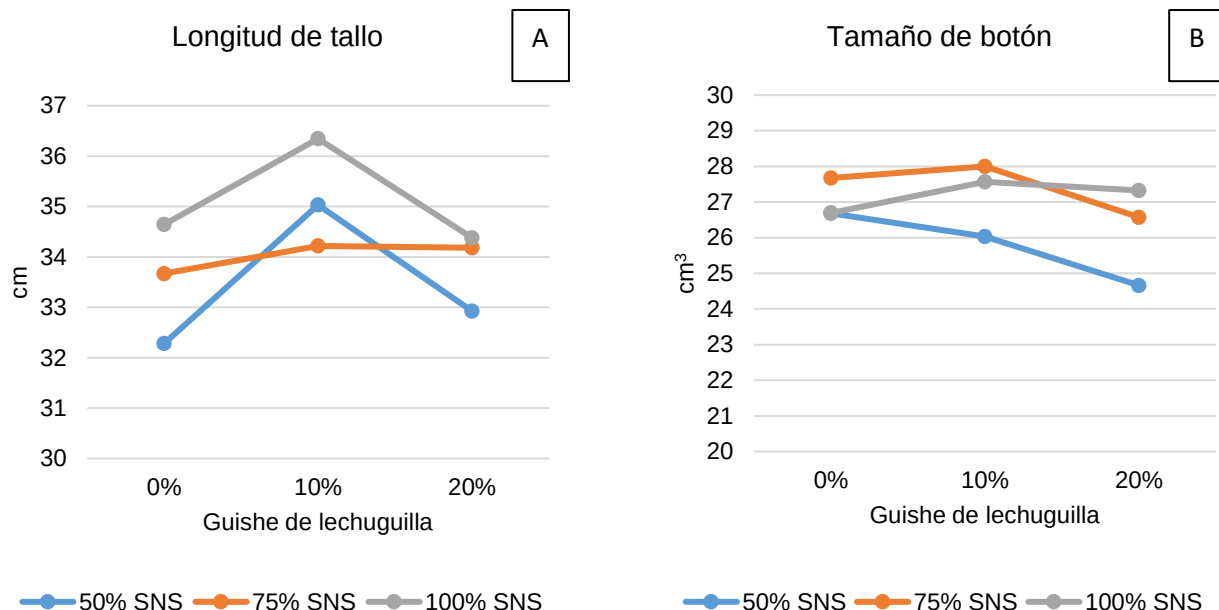


Figura 1. Efecto de la incorporación de tres porcentajes de guishe de lechuguilla en el sustrato y soluciones nutritivas elaboradas con tres concentraciones de la formulación Steiner (SNS) en las variables: A. longitud de tallo y B. tamaño de botón en la producción sin suelo de tulipán holandés ‘Huntsville’.

Cuadro 2. Valores medios, significancia estadística y coeficiente de variación en seis variables en la producción sin suelo de tulipán holandés.

Factor	Longitud de tallo (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Tamaño de botón (cm ³)	Número de hojas	Vida en florero (días)	Días de siembra a cosecha
Mezcla de sustratos con guishe de lechuguilla (MZ)						
0%	33.569 b	10.818 a	26.188 a	3.700 a	12.222 a	53.322 a
10%	35.170 a	10.869 a	27.200 a	3.766 a	12.078 a	53.611 a
20%	33.852 b	10.610 a	27.019 a	3.655 a	12.233 a	53.322 a
DMS	1.101	0.304	1.394	0.195	0.339	0.768
Concentración de Sales Nutritivas Steiner (SNS)						
50%	33.408 b	10.631 a	25.793 b	3.633 a	12.244 a	53.178 a
75%	34.027 b	10.792 a	27.418 a	3.722 a	12.200 a	53.178 a
100%	35.158 a [‡]	10.873 a	27.196 a	3.767 a	12.089 a	53.889 a
DMS	1.101	0.304	1.394	0.195	0.339	0.768
Significancia						
Bloques	0.776 ^{ns}	0.240 ^{ns}	0.132 ^{ns}	0.190 ^{ns}	0.126 ^{ns}	0.061 ^{ns}
SNS	0.002 ^{**}	0.163 ^{ns}	0.013 [*]	0.263 ^{ns}	0.539 ^{ns}	0.076 ^{ns}
MZ	0.001 ^{**}	0.106 ^{ns}	0.191 ^{ns}	0.403 ^{ns}	0.484 ^{ns}	0.675 ^{ns}
SNS X MZ	0.249 ^{ns}	0.943 ^{ns}	0.458 ^{ns}	0.319 ^{ns}	0.414 ^{ns}	0.107 ^{ns}
C. V.	9.164	8.031	14.796	14.991	7.927	4.087

[‡]=Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^{*}, ^{**}=Significativo a los niveles de probabilidad (0.05 y 0.01), ^{ns}= no significativo.

En la producción de plántulas de brócoli en donde se utilizó como sustrato fibra de agave y peat moss también se obtuvo un incremento en la altura de plántula lo cual indica la viabilidad de utilizar residuos de agave en la producción de cultivos sin suelo, siempre y cuando también se cuente con un buen suministro de nutrientes porque el cultivo de tulipán ha mostrado ser un cultivo que requiere cantidades importantes de nutrientes para su crecimiento (Rodríguez-Macías *et al.*, 2010; Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011). Ya que a pesar de que el tulipán holandés es una ornamental de bulbo que tiene la ventaja de ir equipada con reservas que le servirán en las primeras etapas del crecimiento, después de un tiempo, dichas reservas se agotan y la planta requiere un suministro de nutrientes constante sobre todo si se cultiva sin suelo y donde además una de las formulaciones más utilizadas en la producción de cultivos de este tipo ampliamente utilizada ha sido la formulación Steiner (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2011).

Otra característica de las flores de tulipán que determinan su aceptación en el mercado corresponde al tamaño del botón. A mayor tamaño de botón mayor tamaño de flor se obtendrá cuando los pétalos abran. Al realizar el ANOVA ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) y la comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se observó significancia estadística en el factor SNS en la variable tamaño de botón, y la mejor respuesta se observó con la concentración de 75% y 100% de la formulación Steiner (Figura 1B y Cuadro 2). Similar a lo obtenido en este experimento, en el cultivo de crisantemo al utilizar como sustrato bagazo de henequén y excretas de porcinas en el sustrato se obtuvo un incremento el tamaño de botón (Borges *et al.*, 2003). Una respuesta similar también se observó en el tamaño de la inflorescencia de crisantemo al ser cultivada en una mezcla de suelo y fibra de agave en una proporción 7:3 (Villanueva *et al.*, 2010). Lo que denota la utilidad de subproductos de agave como sustratos en el cultivo de plantas agrícolas tanto con suelo y sin suelo.

Si bien el diámetro de tallo es una variable de importancia en la producción de tulipán, ya que tallos más gruesos favorecen la calidad de la flor de corte y la resistencia del tallo al acame. No se observó significancia estadística alguna. Resultados diferentes encontró Crespo-González *et al.* (2013) en plántulas de agave azul al ser cultivadas en una mezcla de sustratos con un 50% de fibra de agave y 50% de peat moss dado que se obtuvo un incremento del 40% en el diámetro de tallo superando ampliamente al uso de otros sustratos utilizados en forma individual. Así mismo, Rodríguez-Mendoza *et al.* (2011) encontró en el cultivo de tulipán que a mayor concentración de nutrimento en la solución nutritiva mayor diámetro de tallo.

Del mismo modo la fecha de cosecha en un cultivo es útil para hacer una programación y en la producción de flores de corte es más importante aún, ya que el producto debe estar listo para el mercado en fechas estratégicas. En esta variable no se obtuvo diferencia estadística al realizar el análisis de datos y el periodo de siembra de bulbo a cosecha fue de 52 días en promedio (Cuadro 2). Una respuesta similar se obtuvo en la variable número de hojas (Cuadro 2) siendo el promedio de 3 a 4 hojas al momento de la cosecha. Resultados diferentes obtuvo Rodríguez-Macías *et al.* (2010) al producir plántulas de brócoli en bagazo de agave como sustrato y Juárez-Rosete *et al.* (2019) menciona un incremento en la biomasa en el cultivo de tomate al utilizar la Solución nutritiva Steiner al 75%. Posiblemente los resultados obtenidos en este experimento están relacionados con el cultivar más que por efecto de los tratamientos.

Una flor cortada tiende a morir mucho más rápido que una que se mantiene aún en la planta, por ello la vida en florero es un factor considerado en su comercialización. Al realizar el análisis de datos no se observó diferencia estadística entre tratamientos y se obtuvo una vida en florero de 12 días en promedio al colocar las flores únicamente en agua potable y a temperatura ambiente (Cuadro 2). Ramírez *et al.* (2010) también obtuvo una vida en florero de 11.3 días al suministrar solución nutritiva Steiner al 50% durante la producción de flores de tulipán. Por el contrario, Rodríguez-Mendoza *et al.* (2011) en el

cultivo de tulipán cv. Golden Apeldoorn obtuvo una mayor vida en florero al producir las flores con la formulación de sales Steiner al 100%.

Hay evidencia de que muchos residuos de actividades económicas pueden ser utilizados como sustratos en la producción de cultivos sin suelo, pero pueden tener el inconveniente de presentar sustancias nocivas que dañan a las plantas si no se descomponen bien. En el caso particular de los agaves se ha encontrado que los desechos pueden contener alcoholes, celulosa, hemicelulosa, ligninas solubles, ligninas insolubles, pectinas y saponinas que además de dañar el ambiente pueden dañar a las plantas (Hoz-Zavala y Nava-Diguero, 2017; Narcia *et al.*, 2012; Carmona *et al.*, 2017 y Cervantes, 2003). En este experimento no se observó toxicidad alguna por parte del guishe, posiblemente debido al proceso de desinfección con vapor o por el proceso de descomposición parcial en condiciones naturales sin haber llegado a un compostaje completo (Silbert *et al.*, 2018).

Por otra parte, si bien no existe un sustrato ideal para el cultivo sin suelo a fin a todos los cultivos agrícolas, se pueden utilizar materiales orgánicos de desecho composteados y mezclarlos con otros sustratos para aprovechar las propiedades físicas, químicas y biológicas de cada uno de modo que en su conjunto se logre el buen crecimiento y desarrollo de las plantas (Cruz-Crespo *et al.*, 2012, Crespo *et al.*, 2018). De la misma manera si se incorpora guishe parcialmente descompuesto en dichas mezclas, los costos se pueden reducir significativamente en áreas donde se produce ixtle de agave lechuguilla, además, se reduciría el impacto que este desecho tiene en el ambiente y se reduciría la dependencia de turbas.

CONCLUSIONES

Se logró producir flores de tulipán holandés sin suelo de forma aceptable al incorporar 10% y 20% de guishe en el sustrato y con soluciones nutritivas elaboradas con el 50%, 75% y 100% de sales Steiner. Se obtuvo significancia estadística en las variables longitud de tallo y tamaño de botón. Lo anterior sugiere que el guishe de lechuguilla mezclado con otros sustratos comerciales puede ser usado en la producción de cultivos sin suelo y de esta forma dar utilidad a un material de desecho reduciendo su impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

- Borges, G. L., M. Soria-Fregoso y N. Ruz-Febles. 2003. Contenido de macronutrientes en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo de crisantemo. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 9: 291–304.
- Castellanos, J. Z, 2009. Manual de producción de tomate en Invernadero. Ediciones INTAGRI, México, pp 117.
- Castillo, Q. D., A. O. Mares y G. E. E. Villavicencio. 2011. Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) planta suculenta de importancia económica y social de las zonas áridas y semiáridas de México. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 8: 6-9.
- Castillo, Q. D., R. J. T. Sáenz, V. M. Narcia y R. J. A. Vázquez. 2013. Propiedades físico-mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4: 78-91.
- Carmona, J. E., T. K. Morales-Martínez, S. I. Mussatto, D. Castillo-Quiroz, S. J. Ríos-González. 2017. Propiedades químicas, estructurales y funcionales de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 8 (42): 100-122

- Cervantes, R., M. 2003. Plantas de Importancia Económica en las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos. 5. Economía. Instituto de Geografía, UNAM.153 pp.
- Crespo, M., D. R. González, R. Rodríguez, L. A. Rendón, J. I. del Real y J. P. Torres. 2013. Evaluación de composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. Rev. Mex. de Cien. Agríc. 4: 1161-1173.
- Crespo, G. M. R., E. D. R. González, M. R. Rodríguez y C. J. A. Ruíz. 2018. Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado como biosólido de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 34 (3): 373-382.
- Cruz-Crespo, E., A. Can-Chulim, M. Sandoval-Villa, R. Bugarin-Montoya, A. Robles-Bermúdez y P. Juárez- López. 2012. Sustratos en la Horticultura. Revista Bio Ciencias 2(2): 17-26.
- Garbanzo-León, G. y M. Vargas-Gutiérrez. 2014. Determinación fisicoquímicas de diez mezclas de sustratos para la producción de almácigos, Guanacaste, Costa Rica. Revista InterSedes 15:151-168.
- Hoz-Zavala, M. E. E. y P. Nava-Diguero. 2017. Los residuos de agave como factor de corrosión el suelo donde se vierte. Revista del Desarrollo Tecnológico. 1(2): 11-24.
- Juárez-Rosete, C. R., J. A. Aguilar-Castillo, C. A. Aburto-González y G. Alejo-Santiago. 2019. Producción de biomasa, requerimiento nutrimental de nitrógeno, fósforo y potasio, y concentración de la solución nutritiva en orégano. Revista Chapingo. Serie horticultura, 25: 17-28.
- Martínez, P. F. y D. Roca. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 37-77
- Narcia, V. M. D., Q. Castillo, J. A. Vázquez R. y C. A. Berlanga R. 2012. Turno técnico de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el noreste de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(9): 81-88.
- Orozco, L. M., R. Nava C., J. G. Medina T. y de A. Cruz. J. 1977. Investigación silvoagropecuaria de las zonas áridas de México, campo experimental Noria de Guadalupe. Monografía Técnico-Científica, UAAAN 3:182-265.
- Ramírez, M. M., L. I. Trejo-Téllez, F.C. Gómez-Merino y P. Sánchez-García. 2010. La Relación K^+ / Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. Rev. Fitotecnia Mex. 33(2): 149-156.
- Reyes, J. A, R. Aguirre J., B. Peña C. 2000. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. Boletín de la sociedad Botánica de México. PP. 76.
- Rodríguez-Macías R., G. Alcantar-González, M. Ruíz-López; Salcedo-Pérez, E. y M. Larios-Ulloa. 2010. Agave tequilero como sustrato en la producción de plántulas de brócoli. Interciencia. 35: 515-520.
- Rodríguez-Mendoza, M. de las N., B. Osorio-Rosales, L. I. Trejo-Téllez, Galarza M. de L. Arévalo- y A. M. Castillo-González. 2011. Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. Revista Chapingo. Serie horticultura, 17(3): 117-127.
- SIACON NG (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2020. Producción de tulipán holandés en México. Consultado en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> el 21 de agosto de 2021.

- Silbert V. V., P Campitelli, M. F. Suárez, G. Garrido. 2018. Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI. 46 p.
- Trejo-Téllez L. I., Ramírez-Martínez M., Gómez-Merino F. C., García-Albarado J. C., Baca-Castillo G. A., Tejeda-Sartorius O. 2013. Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5:863-876.
- Vargas, P., J. Z. Castellanos, P. Sánchez, L. Tijerina, R.M. López y J. L. Ojo de Agua. 2008. Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. Rev. Fitotec. Mex. 31 (4): 375-381.
- Villanueva, C. E., G. Alcántar G., P. Sánchez G., M. Soria F. y A. Larqué S. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. Terra Latinoam. 28: 43-52.

OPERACIÓN DE UN BIODIGESTOR A ESCALA EXPERIMENTAL, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Mayuric Teresa Hernández-Botello¹
Rocío Estephania Flores-Hernández¹
Jorge Alberto Mendoza-Pérez¹
Fernando Heriberto Pastrana-Chávez²

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Depto. Biofísica

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Comercio y Administración
mayuing@hotmail.com

RESUMEN

En la ciudad de México día a día se genera una gran cantidad de residuos sólidos urbanos, los cuales no son aprovechados y van en incremento año con año, es por ello que es indispensable buscar diversas alternativas que permitan utilizar los residuos orgánicos como materia prima en la obtención de energía renovables como lo es el gas metano. El uso de biodigestores es una alternativa eficiente y de bajo costo que permite al usuario el uso de estos biodigestores para reducir la cantidad de materia orgánica generada en su hogar y así mitigar el impacto ambiental que está generando. El prototipo a escala experimental realizado en el presente trabajo mostró tener una inversión accesible de \$1,310.00 MXN, obteniendo un volumen total de 567 L de metano, a partir de la mezcla de 240 gr de Residuos Orgánicos, 225 ml de lixiviados, 225 ml de lodos y 900 ml de agua corriente, en 96 días. Por lo que se recomienda escalarlo a casa-habitación para obtener mayor cantidad de metano y poder cumplir algunas de las actividades diarias en las cuales intervenga el uso de este gas.

Palabras clave: Biodigestor, residuos orgánicos, cromatógrafo de gases

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su comunicado de prensa emitido el 3 de junio del 2020 muestra que la generación de residuos anualmente va en aumento, ya que en 2010 se generaban en promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados 86 342 420 kilogramos, mientras que para 2018 esta cifra se incrementó a 107 055 547 kilogramos, siendo el incremento de 20 713 127 kilogramos promedio diario. Estos residuos son orgánicos e inorgánicos; de ellos, los más aprovechables son los inorgánicos ya que estos pueden reciclarse por su valor comercial dejando de lado o sin aprovechar los residuos orgánicos. Tan solo en año 2012 la cantidad promedio diaria de residuos inorgánicos que fue enviada a tratamiento fue de 6,083.199 ton, en comparación con la cantidad de residuos orgánicos la cual fue de 2,748.727 ton, quedando sin aprovechar 94,293.904 ton lo cual representa el 91.4% de los residuos sólidos urbanos generados diariamente, siendo estos residuos los que mayor problema representan tanto para la sociedad como para el ambiente. Debido a esta generación y poco aprovechamiento en los últimos años se ha optado por el uso de tecnologías sustentables que permitan tener un mejor manejo y aprovechamiento de los residuos que no han sido sujetos a un tratamiento. Una alternativa tecnológica que se está utilizando hoy en día para el control de estos residuos, es el uso de biodigestores los cuales permiten reducir la cantidad de residuos generados, mediante la reutilización de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. El funcionamiento de los biodigestores, se lleva a cabo mediante el proceso de digestión anaerobia que ocurre en su interior, que consiste en la degradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos para obtener un biogás (50-75% metano) y un residuo orgánico rico en nitrógeno (Hilbert, 2010). El presente trabajo describe la operación de un biodigestor a escala experimental, que

permite mitigar la generación de grandes cantidades de residuos sólidos urbanos mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos como materia prima, con el cual se pretende obtener beneficios a la población mediante la obtención de un biogás que pueda ser utilizado como combustible, y por medio de este, se genere una disminución en el consumo de gas LP y gas natural que comúnmente se utilizan por las familias mexicanas y generan grandes gastos económicos. Adicional a esto, se genera una conciencia sustentable sobre el aprovechamiento de los residuos y el empleo de tecnologías ambientales que son de fácil acceso y de bajo costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y dimensionamiento del biodigestor

El dimensionamiento del reactor experimental de tipo vertical semi-continúo se realizó como lo describe Buenrostro *et al.*, (2000) con algunas modificaciones, considerando un volumen total del reactor de 2 litros, como lo mencionaron Escamilla-Alvarado *et al.*, (2014), y considerando una relación L/D = 3/2. A partir de las dimensiones obtenidas anteriormente, se realizó el diseño del reactor a escala experimental, también se consideró cada una de las partes que componen el biodigestor las cuales son: entrada de los Residuos Orgánicos, salida del biogás y salida de los lodos.

Determinación de los materiales para la construcción del Biodigestor

Para el cuerpo del biodigestor, se estableció como material de construcción el acrílico que es un termoplástico rígido y transparente derivado del polímero metil metacrilato (PMMA), el cual es un material que permitirá apreciar con una calidad óptica aceptable el proceso de degradación que se realizará en el interior del reactor, así mismo este material presenta excelentes propiedades físicas que lo hace un material de gran uso, su costo en el mercado es accesible, es inerte a muchas sustancias corrosivas, presenta alta resistencia al impacto y a la intemperie, su tasa de transmisión de luz es de 92% lo que hace que se aprecien objetos a través de él, es ligero y no se deforma con el tiempo (Buenrostro *et al.*, 2000).

Caracterización del sustrato y del inóculo

El sustrato fue obtenido a partir de un lote de residuos orgánicos obtenidos de una casa habitación tales como; cáscaras de plátano, papa, zanahoria, manzana, sandía, jitomate, melón, jamaica, papaya, tejocote y mango, mismos que fueron secados al aire libre y posteriormente sometidos a secado por 24 h a 60°C en una estufa Stable Temp de la marca Cole-Parmer Instrument Company para eliminar cualquier humedad residual. Después del secado, los residuos orgánicos se trituraron de manera mecánica hasta obtener un diámetro aproximado de 5 mm y se almacenaron hasta su uso (Hernandez-Botello *et al.*, 2014; Saucedo *et al.*, 2007). Para la caracterización del sustrato se obtuvieron las siguientes variables: Demanda Química de Oxígeno (DQO), el Nitrógeno Total (NT) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO₅). Los análisis se realizaron con base en las Normas Mexicanas de Referencia siguientes: NMX-AA-030-SCFI-2011, NMX-AA-026-SCFI-2010 y NMX-AA-028-SCFI-2011 respectivamente. Asimismo, se determinó el carbono orgánico total (COT) (ESIQbalaIE, método empleado: ShimadzuSens 1000), el azufre Total (S) y el % de Humedad, con la finalidad de conocer el contenido de nutrientes de los RO y por medio de estos, calcular de manera teórica la producción de metano que se espera en el biodigestor. El inóculo se utilizó a partir de una mezcla de lodos activados provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales (Planta de tratamiento del COLMEX) ubicada en la zona Sur de la Ciudad de México y lixiviados de la laguna de oxidación del Relleno Sanitario del Municipio de Tultitlán, Estado de México. La caracterización consistió en la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial de

Hidrogeno (pH), Color, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles Totales (SVT), contenido de Nitrógeno, Amoníaco, Azufre y Fierro.

Ensayos preliminares

El desarrollo experimental de esta etapa se basó en lo realizado por Campos *et al.* (2001), los cuales estudiaron el proceso de producción de biogás variando la composición de la solución (agua y lodos) y los sustratos (Purín de cerdo, pulpa de pera y TFO) utilizados. En este trabajo se realizó el montaje y la operación de cuatro biodigestores anaerobios en sustrato líquido mediante la preparación de cuatro recipientes de polietileno de 1 litro a diferentes concentraciones de solución y sustrato (Cuadro 1), para poder determinar la mezcla óptima a utilizar en la operación del biodigestor.

Cuadro 1. Desarrollo experimental de biodigestores anaerobios en sustrato líquido.

PARÁMETROS	BIODIGESTOR			
	1	2	3	4
%SUSTRATO	6	12	15	10
%SOLUCIÓN	94	88	85	90
COMPOSICIÓN DEL SUSTRATO	70% de RO 30% Excreta de vaca	70% de RO 30% Excreta de vaca	70% de RO 30% Excreta de vaca	RO
COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN	1% Sulfato de amonio 2% Fertilizante 0.1% FeCl ₃	1% Sulfato de amonio 2% Fertilizante 0.1% FeCl ₃	1% Sulfato de amonio 2% Fertilizante 0.1% FeCl ₃	66.66% Agua 16.66% Lodos activados 16.66% Lixiviados

Montaje y operación del biodigestor

El desarrollo experimental consistió en el montaje del sistema, el arranque del biodigestor, la operación bajo condiciones contraladas y la medición del biogás. Para la producción del biogás en un sustrato líquido, se utilizó la mezcla cuya composición fue: 10% sustrato y 90% solución. El contenido del sustrato está compuesto sólo de RO, mientras que la solución se encuentra compuesta por un 66.6% de agua, 16.6% de lodos activados y 16.6% de lixiviados. La determinación del contenido del lecho para el arranque del biodigestor, se realizó considerando un volumen de operación de 1500 ml, es decir el 75% del volumen total del biodigestor. Una vez cargado el biodigestor, este se colocó en una palangana de plástico, la cual contenía arena con un 90% de su capacidad total aproximadamente y cuatro calentadores de vidrio con la finalidad de mantener el sistema en un régimen mesofílico (33°C en promedio) para favorecer la producción del biogás, ya que una mayor diversidad de microorganismos metanogénicos se encuentran en este régimen (Sekiguchi *et al.*, 1998; Sung y Santha, 2003). Además, en la salida del biogás se colocó una manguera de látex de aproximadamente 90 cm y con un diámetro interno de 0.5 cm, la cual se conectó por medio de una válvula a una cámara de caucho de 16 cm de diámetro y 1.75 cm de ancho para el almacenamiento del biogás producido.

Medición de la producción de biogás

El biogás producido, fue almacenado en una cámara de caucho de 16 cm de diámetro y 1.75 cm de ancho, la cual se llenaba completamente en una semana. Una vez llena, esta se retiraba del sistema para analizar el biogás en un cromatógrafo de gases de la marca SCION TQ 456-GC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones y diseño del biodigestor

De los cálculos realizados se obtuvieron las siguientes dimensiones del biodigestor; Volumen Total 2 L, radio 0.0596 m, diámetro 0.1192 m y longitud 0.1788 m. Los cuales permitieron un fácil manejo y la degradación de los RO generados.

Determinación de los materiales para la construcción del biodigestor

Los materiales y equipos utilizados para la construcción del biodigestor a escala experimental se describen en la Cuadro 2, en donde se establece el tipo de material usado, la cantidad y el costo unitario por cada pieza. Con base en los precios establecidos (Cuadro 2) se puede observar que el costo total para la fabricación del biodigestor a escala experimental fue de \$ 1310.00 pesos, por lo tanto es importante que para un biodigestor comercial de uso doméstico los materiales de construcción deberá ser distintos, lo que influirá directamente en el costo total del mismo, por lo que se aconseja realizar los ajustes correspondientes dependiendo de la cantidad de RO que se generen en la casa-habitación a la cual se quiera aplicar.

Cuadro 2. Materiales y equipos utilizados para la construcción del biodigestor.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Válvula esfera de ½ in soldable	\$ 95.00	\$ 95.00
2	Coples soldables con cuerda exterior de ½ in	\$ 14.50	\$ 29.00
30 cm	Tubería de cobre de ½ in	\$ 95.00	\$ 95.00
1	Codos de 90°	\$ 11.00	\$ 11.00
1	Manómetro	\$ 119.00	\$ 119.00
1	Reactor de acrílico	\$ 870.00	\$ 870.00
1	Pasta para soldar	\$ 25.00	\$ 25.00
1	Lija para plomero	\$ 22.00	\$ 22.00
2	Tapón de hule de 2 in de diámetro	\$ 22.00	\$ 44.00
TOTAL			\$ 1310.00

Caracterización del sustrato y del inóculo

La caracterización de los RO y del inóculo mostraron los siguientes parámetros para la caracterización fisicoquímica de los RO: DBO₅ 654.75 mg/g, DQO 2500 mg/g, Nitrógeno total 154.83 mg/g, Carbono orgánico total 427.15, azufre total 48.9 mg/g y Humedad 61.5%, mientras que para los lodos de digestión Fueron: DQO >2,600 mg/g, DBO₅ 1,866.45mg/g, SSV 3,546.78, SVT 44,200.13, Nitrógeno total 256.89 mg/g y fosfatos 88.45 mg/g. La caracterización fisicoquímica de los RO, muestra que existe gran disponibilidad de nitrógeno, carbono y en menor concentración azufre, beneficiando el proceso de digestión anaerobia debido a que las bacterias anaeróbicas utilizan como principal alimento estos elementos; el carbono en la forma de carbohidratos y el nitrógeno en proteínas, nitratos, amoníaco, etc. (Magaña *et al.*, 2006).

Existen estudios previos sobre desarrollo de un proceso anaerobio termofílico (55°C), en el cual se indica que los lodos de digestión son una buena fuente de nutrientes y funcionan como un elemento estabilizador de pH (CICYT, 2002), por lo que se corrobora en el presente trabajo, ya que al utilizar como parte del inóculo lodos y al realizarles los estudios fisicoquímicos en donde se observan la

cantidad de DQO, DBO₅, SSV, SVT, Nitrógeno Total y Fosfatos en mg/g presentes en los lodos, teniendo una elevada concentración de sólidos volátiles, lo cual se suelen considerar como una medida aproximada del contenido de materia orgánica, es decir los lodos poseen gran cantidad de MO que estará disponible para ser biodegradada por los microorganismos.

Mara y Horan (2003) establecen que en un sistema de DA ideal, los nutrientes en el biodigestor deben encontrarse en exceso ya que una escasez de estos puede inhibir el proceso global y aunque la materia prima (RO) presenta un bajo contenido de nutrientes, estos se verán compensados con los que se encuentran presentes en los lixiviados, por lo que dicho sistema deberá estar equilibrado tanto en macro y micronutrientes. Los macronutrientes fundamentales son el carbono, nitrógeno, fósforo y azufre, los cuales son necesarios para el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos (Abbasi *et al.*, 2012).

Montaje y operación del biodigestor

Los ensayos preliminares arrojaron que el biodigestor de la mezcla 4 es la mezcla óptima a utilizar en la operación del biodigestor. Como lo mencionó Flotats *et al.*, 2001., se ha demostrado que la digestión conjunta o co-digestión mejora el proceso de digestión ya que contribuye a mantener la relación C/N para que la producción de gas mejore. Sin embargo, en los resultados obtenidos se demuestra que la co-digestión resulta más eficiente cuando se utiliza una mezcla de lodos-lixiviados con RO que si se utiliza sólo excreta de vaca con RO.

Por otra parte, los resultados arrojan que, a partir del 4^{to} día, la actividad microbiana empieza a disminuir, lo cual resulta en un decaimiento en la producción de biogás y esto a su vez resultará de suma importancia en el arranque del biodigestor, ya que a partir de ese día será necesario que se realice la alimentación al biodigestor con RO para que la producción de biogás vuelva a subir. Por tanto, la mezcla que contiene RO, lodos, lixiviados y agua aparenta ser la más eficiente en comparación con la de los biodigestores 1,2 y 3 obteniendo mayores volúmenes de desplazamiento debido a la producción de biogás.

Medición de la producción de biogás

Una vez obtenida la mezcla adecuada, se procedió a comenzar con la operación del biodigestor, colocando la mezcla de lixiviados, lodos, agua y RO. Li *et al.*, 2010, establecen que el agua representa un papel importante en el control de todo el proceso de la DA, debido a que es responsable del crecimiento de la población microbiana y también funciona como agente tamponador para todo el sistema, es por ello que los RO se pusieron a fermentar en una solución en donde el 66.6% era agua. Una vez iniciado el proceso de DA en el biodigestor, se observó que a los 15 días el pH del lecho había disminuido a un valor de pH = 4, debido a los ácidos generados en las primeras etapas de proceso para lo cual, fue necesario la adición de carbonato de calcio como lo menciona Abbasi *et al.*, 2012, permitiendo controlar dicho parámetro y logran un pH de 6 ya que la producción óptima se logra cuando el valor de pH de la mezcla se encuentra entre 6 y 7, la temperatura, el sistema se mantuvo a 33°C aproximadamente. Lindmark, *et al.*, 2014, muestran que una menor intensidad de mezcla conduce a una mayor tasa de producción de biogás, es por ello que la agitación se realizó manualmente y una vez al día para tener una mezcla lo más homogénea posible y que la biomasa no se concentrará en un solo lugar.

Con los resultados obtenidos de la productividad teórica del metano a partir del valor de DQO, se obtuvo que para un total de 240 gr de RO, en una solución de 900 ml, la cual contenía 225 ml de lodos y 225 ml de lixiviados, la máxima producción de metano que teóricamente se puede obtener es de 958.56 L CH₄, con una producción diaria de 65 L CH₄/Kg, lo cual indica que la máxima producción siempre será

de 65 L CH₄/Kg *día ya que se están agregando la misma cantidad de RO, por lo que los microorganismos entraran en una estacionaria, donde ya no se incrementará el número de bacterias, ya sea porque se agota algún nutriente esencial en el medio o por que los productos de desecho que han liberado en fases anteriores hacen que el medio sea inhóspito para el crecimiento microbiano o por la presencia de competidores u otras células que limiten su crecimiento (Madigan *et al.*, 2003).

No obstante, se debe de considerar que este cálculo sólo refleja un valor teórico ya que se basa únicamente en los resultados de DQO que se obtuvieron en la caracterización de los RO, lodos y lixiviados. Sin embargo, es necesario mencionar que este parámetro tendrá un error asociado derivado de que no se consideraron factores como: pH, materia orgánica, cantidad de materia biodegradable y de difícil biodegradabilidad. Solo se utilizó la temperatura de operación (33°C) para determinar el volumen utilizando la ley de los gases ideales (Romero, 2015).

Producción de metano experimental

Como se observa en la Figura 1, la producción de metano aumentó con el tiempo, teniendo una concentración de 11.88% (118,800 ppm) a los 51 días y de 66.94% (669,400 ppm) a los 96 días, debido a la estabilidad del sistema.

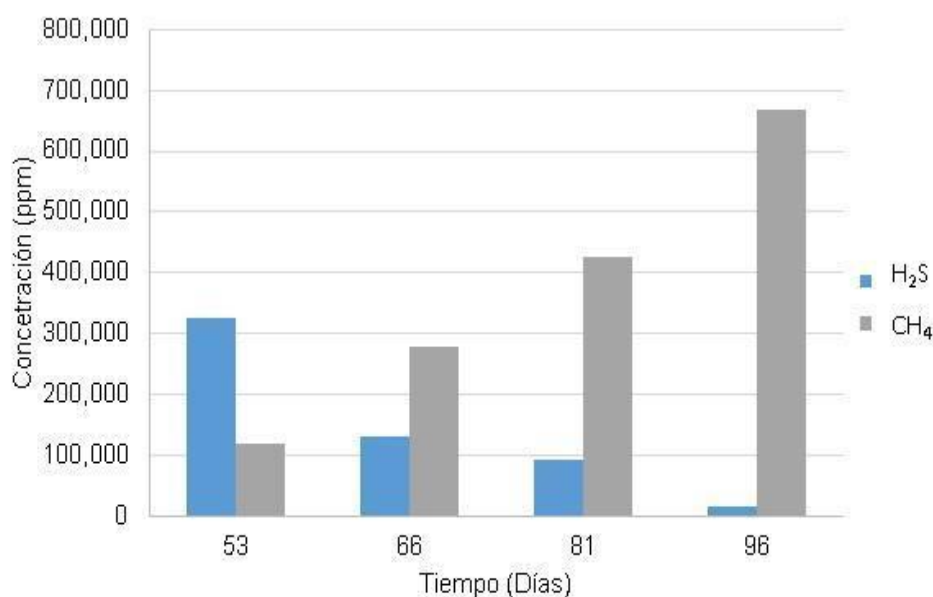


Figura 1. Relación de la concentración de CH₄ y H₂S (ppm) contra el tiempo de incubación en el biodigestor.

Por otra parte, en esa misma imagen se puede observar de color azul como decae la concentración de ácido sulfhídrico en el biodigestor teniendo inicialmente un 32.43% de H₂S (324,300 ppm) y al final sólo el 1.50% (150,000 ppm) disminuyendo drásticamente y permitiendo que el proceso de producción de biogás se lleve a cabo, ya que como lo menciona Magaña-Ramírez *et al.*, (2011) los microorganismos metanogénicos se ven inhibidos en medios ácidos, por lo que en un principio al tener el 32% de H₂S no permitió que el proceso de degradación se estabilizara, por lo que fue necesario adicionar carbonato de calcio, permitiendo incrementar el pH del sistema, ayudando al proceso de degradación. Es por ello que en la primera medición (51 días) se observa un biogás pobre en metano en comparación con la última medición en donde se observa que la mayor parte del biogás se encuentra constituida por metano.

CONCLUSIONES

El biodigestor se realizó con materiales nacionales y de fácil acceso, lo que permite que pueda ser remplazado fácilmente con un costo asequible, la inversión total del biodigestor fue de \$1310.00 MXN, el diseño del biodigestor permite observar el proceso que se llevó a cabo durante la operación del mismo.

La operación adecuada del biodigestor siempre debe contemplar el control de: fugas en el equipo, pH, temperatura, tamaño de partícula, agitación diaria, humedad y alimentación del sistema. Este tipo de Biodigestores basados en el proceso de Digestión Anaerobia con un régimen en lote y semi-continuo, resultó ser una tecnología eficiente, ya que generó un volumen total de 567 L de metano, a partir de la mezcla de 240 gr de Residuos Orgánicos, 225 ml de lixiviados, 225 ml de lodos y 900 ml de agua corriente, en 96 días. Por lo tanto, el uso de Residuos Orgánicos para la generación de metano permite utilizar la Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como materia prima para la generación energética, lo cual disminuirá el impacto ambiental que provoca la alta generación de residuos sólidos urbanos.

Adicional a esto, se concluye que los resultados muestran que es viable escalar este prototipo experimental (escala laboratorio) por un biodigestor comercial de uso doméstico.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Departamento de Biofísica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y al Departamento de humanísticas de la Escuela Superior de Comercio y Administración.

LITERATURA CITADA

- Abbasi, T., Tauseef, S.M. and Abbasi, S.A. 2012. Biogas Energy. Springer Science and Business Media. New York. (pp. 184).
- Buenrostro, O., Cram, S., Bernache, G. y Bocco, G. 2000. La digestión anaerobia como alternativa de tratamiento a los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados municipales. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 16 (1). Redalyc. UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). Ciudad de México. (pp. 19-26).
- Campos, E., Bonmatí, A., Teira, M. y Flotats, X. 2001. Aprovechamiento energético de lodos residuales y purines. Producción de Biogás. Jornadas técnicas sobre energía. Barcelona. (pp. 1-18).
- CICYT. 2002. Informe Final: Desarrollo de un proceso para el biorreciclaje (digestión anaerobia y compostaje) de la fracción orgánica de RSU conjuntamente con lodos de depuradora. Validación de los productos y aplicación a escala industrial. Proyecto CICYT-Plan Nacional I+D. Grupo de Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Cádiz; España
- Escamilla-Alvarado, C., Ponce-Noyola, M., Poggi-Varaldo, H., Ríos-Leal, E., García-Mena, J. and Rinderknecht-Seijas, N. 2014. Energy analysis of in-series biohydrogen and methane production from organic wastes. International Journal of Hydrogen Energy, 39: 16587-16594.
- Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J. y Bonmatí, A. 2001. Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestión con residuos de la industria alimentaria. Monografías de la Actualidad, 65: 51-65.

- Hernandez-Botello, M.T., Chanona-Perez, J.J., Mendoza-Perez, J.A., Trejo-Valdez, M., Calderon-Dominguez, G., Barriada Pereira, J.L., Sastre de Vicente, M.E., y Terres- Rojas, E. 2014. Effect of the fluidized bed drying on the structure and biosorption capability of Pb+2 of agave epidermis. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 13 (369): 865-88.
- Hilbert, J.A. 2010. Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural; INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)-Castelar. Argentina. pp. 1-52.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2020. Medio Ambiente. Cuadro Resumen (Indicadores de medio ambiente).
- Lindmark, J., Eriksson, P. and Thorin, E. 2014. The effects of different mixing intensities during anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste. *Waste Management*, 34 (8). Elsevier Science Ltd. pp.1391-1397.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. and Parker, J. Brock. 2003. *Biología de los microorganismos*. Ed. Pearson Prentice Hall. Madrid, España.
- Magaña, R.J., Torres, R.E., Martínez G.M., Sandoval, J.C. y Hernández, C.R. 2006. Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras. *Acta Universitaria*, 16 (2): 27-37.
- Magaña-Ramírez, J.L., Rubio-Núñez, R., Jiménez-Islas, H. y Martínez-García, M.T. 2011. Tratamiento anaerobio de desechos lácticos y estiércol de cabra. *Ingeniería e Investigación*, 31 (1): 93-98.
- Mara, D. and Horan, N. 2003. *Handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press. New York, USA. Elsevier Science Ltd.
- Romero, A.G. 2015. Desarrollo de un proyecto sustentable para la generación de energía a partir de residuos de rumiantes menores de San Martín de las Pirámides y Temascalapa, México. Tesis de Licenciatura (no publicada). ENCB (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas), IPN, Ciudad de México.
- Saucedo C.J., Ramírez V.F., Ramírez I.M., Volke S.T., Velasco T.J., Flores M.S., Piña M.O., Rodríguez P.R., Cruz V.Y., Espinosa D.S., López S.R. y Alcántara R.G. 2007. Informe final: Degradación y estabilización acelerada de residuos sólidos urbanos (rsu) por tratamientos aerobios y anaerobios. UAM (Universidad Autónoma Metropolitana). pp. 13-14.
- Sekiguchi, Y., Kamagata, Y., Syutsubo, K., Ohashi, A., Harada, H. and Nakamura, K. 1998. Phylogenetic diversity of mesophilic and thermophilic granular sludges determined by 16S rRNA gene analysis. *Microbiology*, 144: 2655-2665.
- Sung, S. and Santha, H. 2003. Performance of temperature-phased anaerobic digestion (TPAD) system treating dairy cattle wastes. *Water Research*, 37 (7): 1628-1636.

Sección V:

RECURSOS NATURALES E IMPACTO AMBIENTAL



APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DE TRIGO RESIDUAL PARA LA DECOLORACIÓN DE ROJO DE METILO

Maribel Cano-Hernández¹
Ana Lucía López-Hernández¹
Cecilia Hernández-Nava¹
J. Hugo Castorena-García¹
Victor Santiago-Santiago¹

¹Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala
maribel_cano@hotmail.com

RESUMEN

Uno de los problemas ambientales que afectan a los diferentes ecosistemas es la contaminación del agua residual por efluentes de la industria textil. El aprovechamiento de paja de trigo utilizada en la producción de *P. ostreatus* para consumo humano; reduce costos en la remoción de colorantes. El objetivo de este trabajo fue utilizar paja de trigo de desecho obtenida de las bolsas de crecimiento de *P. ostreatus* para la remoción del rojo de metilo (RM). Se realizó un diseño experimental de 3x3 con tres factores a tres niveles: Tamaño de corte de paja de desecho (1, 3 y 10 cm), concentración sólido-líquido (5, 10 y 25 g/L) y concentración de rojo de metilo (50, 100 y 200 ppm). Se midió pH, potencial de oxido-reducción (ORP), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y porcentaje de decoloración. El pH, CE, TDS y ORP de la solución tratada, se monitorearon con un pH-metro digital modelo HACH MP-6p. El porcentaje de remoción del colorante se determinó por medio de un espectrofotómetro UV-Vis, a la absorbancia máxima de la longitud de onda del rojo de metilo. Se evaluó un polinomio de segundo grado para correlacionar los efectos con el porcentaje de remoción. Los efectos cuadráticos de tamaño de partícula, concentración s/L, concentración de RM, y el efecto lineal de tamaño de partícula, fueron significativos ($p < 0.05$). El porcentaje máximo de remoción fue del 97%, utilizando paja de 1 cm, con una concentración de 5 gL⁻¹ y con 200 ppm de rojo de metilo. La capacidad máxima de adsorción fue de 40 mg*g⁻¹ a un pH de 7.59 a temperatura ambiental y después de 24 h.

PALABRAS CLAVE: Decoloración, rojo de metilo, *P. ostreatus*

INTRODUCCIÓN

La descarga de colorantes no agotados de la industria textil, ha provocado una severa contaminación del agua y del suelo, debido a su toxicidad y la obstrucción del paso de la luz hacia las aguas profundas; lo que inhibe el desarrollo de procesos fotosintéticos (Barrios, *et al.*, 2016). La industria textil es una de las empresas que causa mayor contaminación al medio ambiente (Brañez, *et al.*, 2020), debido a que los colorantes no agotados en el proceso de teñido se descargan a los diferentes cuerpos acuíferos, incluyendo el agua de los canales de riego. Los colorantes sintéticos por lo general presentan en su estructura química grupos azo, (R-N=N-R), aromáticos y algunos halógenos, que los hacen tóxicos (Swarankumar y Osborne 2020), recalcitrantes y difíciles de degradar. Existen métodos fisicoquímicos convencionales que se han utilizado para tratar este tipo de efluentes tales como: Fotocatálisis, filtración por membranas, adsorción, electrocoagulación, floculación inducida y oxidación química avanzada. Sin embargo, el inconveniente de este tipo de tratamientos son los subproductos generados, los cuales pueden llegar a tener mayor toxicidad que el propio colorante; debido a la formación de aminas aromáticas (Harrelkas, *et al.*, 2008; Barathi, *et al.*, 2019). Por otro lado, los métodos de floculación y precipitación generan lodos tóxicos (Domínguez-Martínez, *et al.*, 2019). El rojo de metilo (RM) es una

molécula monoazóica que contiene una conjugación del grupo azo con los anillos aromáticos (Figura 1).

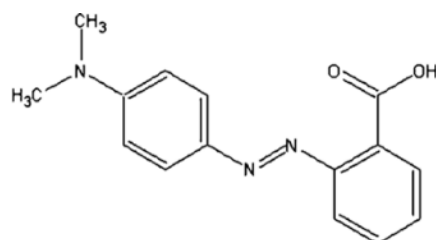


Figura 1. Estructura química del rojo de metilo.

El rojo de metilo se utiliza como colorante en las industrias de impresión textil y del papel (Adalagere, *et al.*, 2018). Para reducir la contaminación por este colorante, se han realizado varios estudios, como el uso de descarga de arco deslizante (Beyram, *et al.*, 2019), combinación de fotocátalisis y biodegradación (Tatoba, *et al.*, 2019), empleo de bacterias aeróbicas de plantas de tratamiento de aguas residuales (Adedayo, *et al.*, 2004), oxidación química con Cloramina-T y Bromamina-T (Adalagere, *et al.*, 2018), utilización de aserrín carbonizada y xantada (Krishna, *et al.*, 2020). No obstante, en la mayoría de los casos, los costos de operación pueden impedir su aplicación a nivel industrial. La tecnología de bioadsorción proporciona una alternativa para el tratamiento del agua contaminada por colorantes (Da Silva, *et al.*, 2019). La paja de trigo se utiliza como sustrato en el cultivo de *P. ostreatus*, ésta se desecha después de concluir su etapa de cosecha. Esta paja contiene micelio rico en enzimas extracelulares capaces de degradar los colorantes; por otro lado, la paja también puede servir como un medio de absorción. El objetivo de este trabajo fue utilizar los desechos de paja de trigo de las bolsas de cultivo de *P. ostreatus* para remover rojo de metilo, colorante que se utiliza en la industria textil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Las bolsas de paja de trigo de desecho con micelio residual de *Pleurotus ostreatus* se obtuvieron del invernadero ubicado en la localidad de Belén Atzitzimitlán, perteneciente al estado de Tlaxcala, México. Estas bolsas de paja generalmente se desechan después de cuatro cosechas de *P. ostreatus*. La paja con micelio se secó a temperatura ambiente y bajo sombra, posteriormente se cortó a 1, 3 y 10 cm. Se utilizó rojo de metilo, grado reactivo para realizar las pruebas de decoloración. Se preparó una solución madre del colorante a una concentración de 1000 mg L⁻¹ con agua destilada, y se diluyó a las concentraciones de las soluciones de trabajo.

Mediciones

Para la medición del peso se utilizó una balanza analítica Shimadzu ATY224. El pH, la conductividad, el TDS y el ORP de la solución tratada se midieron con un pH-metro digital modelo HACH MP-6p. Las absorbancias se midieron mediante espectrofotómetro UV-Vis. Para las medidas espectrofotométricas se consideró un blanco (paja del tamaño utilizado, más agua en la proporción correspondiente del experimento).

Ensayos

Las pruebas se realizaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL a temperatura ambiente, en forma estática y sin control de pH. Se realizaron mediciones de conductividad, TDS, ORP y pH al inicio y después de 24 h. El porcentaje de remoción de color se determinó a partir de las absorbancias del RM registradas en un espectrofotómetro UV-Vis a la longitud máxima de absorbancia del colorante (432 nm). El porcentaje de remoción se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$\% R = \frac{(Co - Cf) * 100}{Co}$$

(Ecuación 1)

Dónde:

Co = Concentración inicial en t = 0

Cf = Concentración final

Diseño experimental

Se realizó un diseño factorial 3³, los factores que se evaluaron fueron: Tamaño de corte de la paja de desecho, concentración sólido/líquido y concentración de rojo de metilo; utilizando tres niveles para cada factor. En el Cuadro 1, se muestra el rango experimental para cada factor a tres niveles (bajo, medio y alto) codificados como (-1, 0, +1).

Cuadro 1. Valores experimentales y codificación de los niveles de las variables independientes

Variable Independiente	Niveles		
	-1	0	1
Tamaño de corte de paja (cm)	1	3	10
Concentración sólido-líquido (g/L)	5	10	25
Concentración Rojo de Metilo (ppm)	50	100	200

La relación matemática de la variable respuesta (porcentaje de remoción) y las variables independientes (factores), se modelaron mediante una función polinomial de segundo orden (ecuación 2), en la que se consideraron 21 experimentos en diferentes combinaciones de las variables independientes. A través del método de superficie de respuesta (MSR) se identificó la relación entre los factores y la variable respuesta. A partir del modelo se obtuvieron predicciones y las condiciones óptimas de remoción del colorante.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1 X_1 + \beta_{22} X_2 X_2 + \beta_{33} X_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

(Ecuación 2)

Dónde:

Y es la variable de respuesta, β_0 , intersección, β_1 , β_2 y β_3 , coeficientes lineales, β_{11} , β_{22} y β_{33} , coeficientes al cuadrado y β_{23} , los coeficientes de interacción de la ecuación y X_1 , X_2 y X_3 son las variables independientes.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el uso de Minitab 14. El valor p se utilizó como indicador para verificar la significancia de cada término. Si el valor p fue menor que 0.05 indica que el factor influye en el experimento. Para mostrar la relación e interacción entre las variables, se empleó la gráfica de superficie tridimensional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico

El valor p para el modelo cuadrático fue menor a 0.05 (Cuadro 2). Por lo tanto, se eligió el modelo cuadrático para ilustrar la relación entre la variable independiente y el porcentaje de remoción de rojo de metilo.

Cuadro 2. Modelo ajustado.

Source	Suma cuadrados	Df	Mean Square	F Value	Prob>F
Linear	143.63	3	139.705	6.33	0.0009
Square	1075.91	3	151.82	14.37	0
Interaction	37.81	3	344.588	0.53	0.674
Residual	263.83	11	263.83		
Total	1521.18	20			

Como se muestra en el Cuadro 3, los efectos cuadráticos de tamaño de partícula (AA) y contracción s/L (BB), concentración de RM (CC) y efecto lineal de tamaño de partícula (A) fueron significativos ($p < 0.05$).

Cuadro 3. Efectos estimados.

Término	Efecto	Desviación Estándar	Coeficiente	P
Constante	17.756	4.182	74.2517	0
A tamaño	-3.913	1.277	-4.9956	0.002
B Conc. (g/L)	-1.861	1.463	-2.7229	0.09
C Conc. RM (ppm)	0.076	1.357	0.1031	0.941
AA	4.624	3.696	17.0921	0.001
BB	2.456	3.419	8.3965	0.032
CC	-3.559	-9.9507	-9.9507	0.004
AB	-0.998	1.453	-1.4496	0.34
AC	-0.705	1.451	-1.0226	0.496
BC	-0.353	1.65	-0.582	0.731

$R^2 = 82.7$ $R^2(\text{ajustada}) = 68.5\%$

Los coeficientes se obtuvieron a partir de los resultados experimentales (Cuadro 4), la ecuación polinomial cuadrática de segundo orden se ajustó a los datos de manera adecuada, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$Y = 94.8581 - 9.5328X_1 - 2.5171X_2 + 0.4719X_3 + 0.8441X_1X_1 + 0.0840X_2X_2 - 0.0018X_3X_3 - 0.0322X_1X_2 - 0.003X_1X_3 - 0.0008X_2X_3$$

Cuadro 4. Valores experimentales y obtenidos del modelo para la remoción del rojo de metilo.

Corrida	Tamaño (cm)	Conc s/L (g/L ⁻¹)	Conc RM (ppm)	Y Experimental (% Remoción)	Y Predicción (% Remoción)
1	-1	-1	-1	94	93
2	-1	-1	1	97	98
3	-1	0	-1	87	93
4	-1	0	0	96	98
5	-1	0	1	90	92
6	-1	1	-1	92	91
7	-1	1	0	91	97
8	-1	1	1	96	96

Continúa Cuadro 4...

9	0	-1	1	83	82
10	0	0	-1	74	73
11	0	0	0	83	85
12	0	0	1	74	77
13	0	1	-1	78	82
14	0	1	0	85	90
15	1	-1	0	97	99
16	1	-1	1	88	95
17	1	0	-1	81	83
18	1	0	1	80	75
19	1	1	-1	81	77
20	1	1	0	88	99
21	1	1	1	82	77

En la Figura 2, se muestra que los porcentajes de remoción se incrementan en bajas y altas concentraciones sólido/líquido a un nivel bajo del tamaño de paja.

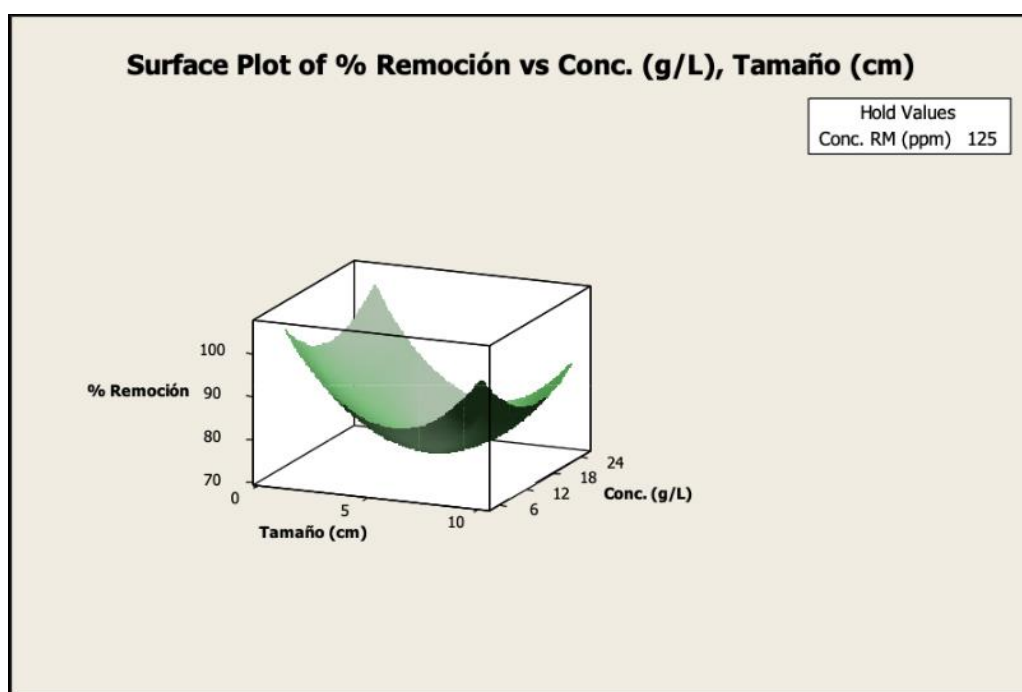


Figura 2. Efectos del tamaño de partícula, y la concentración sólido-líquido, con respecto al porcentaje de remoción.

Un tamaño de partícula de 1 cm aumenta el área de contacto, lo que permite una mejor interacción entre el sólido y el líquido; por lo tanto, se mejora la remoción del colorante. La conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos aumentaron su valor a las 24 horas, debido a la presencia de paja; tal como se observó en el blanco (Cuadro 5). Es posible que los aniones y cationes presentes en la paja de trigo o en el micelio residual de *P. ostreatus* puedan ser disueltos en la solución del colorante lo que incrementa la concentración de SDT y por ende la CE. Sin embargo, en las tres concentraciones

probadas de 5, 10 y 25 gL⁻¹, los valores de CE fueron menores a 1 dS m⁻¹, lo que significa que se tienen efectos despreciables de salinidad (NOM-021-RECNAT-2000).

El pH permaneció en el rango neutro de 7,0 a 7,8; un pH neutro evita la utilización de soluciones ácidas o básicas, lo que implica una reducción en el costo de operación. Por lo tanto, esto representa una ventaja frente a otros tratamientos que requieren un control de pH. El potencial de óxido reducción disminuyó en más del 50%, lo que sugiere que el rojo de metilo pudiera tener un cambio en su estructura química.

Cuadro 5. Tratamientos de rojo de metilo con paja de desecho cortada a (1 cm).

Conc. S/L	Conc. RM (ppm)	Conductividad Eléctrica (µs/cm)		TDS (ppm)		ORP (mV)		pH		(%) Remoción
		0 h	24 h	0 h	24 h	0 h	24 h	0 h	24 h	24 h
5 g/L	B	153.8	289.5	111.6	217.4	76	131	8.14	6.85	0
	50	182.8	276.4	133.9	207	87	83	7.85	7.29	93
	100	140.5	297.3	101.2	224.2	79	71	7.98	7.18	98
	200	146.4	330.5	105.6	250.4	73	80	8.18	7.2	97
10 g/L	B	176	432.0	128.7	331.4	83	91	7.09	7.36	0
	50	320.5	462.1	241.8	355.8	90	46	8.35	7.6	87
	100	210.2	497.9	154.7	384.6	87	40	8.5	7.7	96
	200	248.9	527.0	184.6	407.8	85	43	8.42	7.58	90
25 g/L	B	639.4	945.6	495.9	748.5	94	56	8.27	7.59	0
	50	692.8	911.2	539.2	720.2	87	11	8.48	7.72	92
	100	688.5	920.8	537.1	734.2	87	12	8.46	7.7	91
	200	714.5	926.0	557.3	728.7	89	16	8.42	7.71	96

La capacidad máxima de adsorción fue de 40 mg/g a un pH de 7.59 a temperatura ambiental, después de 24 h, estos resultados fueron superiores a los reportados por Santhi, *et al.*, (2010), quienes utilizaron carbón activado como material adsorbente; aunque los tiempos de remoción reportados fueron menores a una hora; el uso de este tipo de adsorbente tiene la desventaja de incrementar los costos de adsorción. La capacidad de adsorción obtenido en este estudio fue menor a la obtenida con estructuras organometálicas a base de hierro depositadas sobre un adsorbente de nanopartículas de óxido de hierro (Dadfarnia, *et al.*, 2015); sin embargo, la eficiencia fue comparable a la del presente trabajo. En el caso del uso de adsorbentes naturales, se ha utilizado banano tratado, logrando una remoción del 98% en tiempos menores a 50 minutos a un pH de 2 (Zaida, *et al.*, 2014). No obstante, el uso de pH 2, podría no ser viable en una aplicación a nivel industrial. Yuan *et al.*, (2016), obtuvieron una remoción del 100% de rojo de metilo, utilizando extractos crudos de *Pleurotus nebrodensis* a partir de una concentración inicial de 250 ppm. Aunque los resultados fueron 3% superiores a los obtenidos en este trabajo, la ventaja de usar paja de desecho del cultivo de *P. ostreatus* reduce los costos de remoción del rojo de metilo.

CONCLUSIONES

La paja de desecho obtenida de bolsas de crecimiento con *P. ostreatus* tiene el potencial de remover el rojo de metilo; con lo que se pueden reducir costos, además de no requerir tratamientos adicionales al adsorbente. Se observó un efecto cuadrático del tamaño de partícula, concentración S/L, concentración de RM y efecto lineal del tamaño de la paja de desecho.

LITERATURA CITADA

- Adalagere, S. M., Sukhdev, A. and Puttaswamy. 2018. Spectrophotometric Oxidative Decolorization of Methyl Red with Chloramine-T and Bromamine-T: Comparative Kinetic Modeling and Mechanistic Study. *Russ. J. Phys. Chem.* 92:2647-2655.
- Adedayo, O., Javadpour, S.; Taylor, C., Anderson, W., and Moo-Young, M. 2004. Decolourization and Detoxification of Methyl Red by Aerobic Bacteria from A Wastewater Treatment Plant. *W. J. Microbiol & Biotechnol.* 20: 545-550.
- Barathi S, Karthik C, S N, and Padikasan IA. 2019. Biodegradation of textile dye Reactive Blue 160 by *Bacillus firmus* (Bacillaceae: Bacillales) and non-target toxicity screening of their degraded products. *Toxicol Rep.* Dec 4:7:16-22.
- Barrios, L.F., Gaviria, L.F; Agudelo, E.A y Cardona, S. A. 2016. Estudio de la Toxicidad Asociada al Vertimiento de Aguas Residuales con Presencia de Colorantes y Pigmentos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista EIA.* 13: 61-74.
- Beyram, T; Simeon, C. and Nizar, B. 2011. Decoloration of Methyl Red by gliding arc discharge, Desalination and Water Treatment. 25:1-3, 65-70, doi:10.5004/dwt.2011.1442
- Brañez, M., Gutiérrez, R., Pérez, R. y Valle, P. 2018. Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Campus XXIX* 2020. 23: 129-144.
- Da Silva, D. C. C and de Abreu Pietrobelli, J. M. T. 2019. Residual biomass of chia seeds (*Salvia hispanica*) oil extraction as low cost and eco-friendly biosorbent for removal of Reactive Yellow B2R textile dye removal: Characterization, kinetic, thermodynamic and isotherm studies. *J. Environm. Chem. Eng.* 7: 1-9.
- Dadfarnia, S., Haji Shabani, A. M., Moradi, S. E. and Emami, S. 2015. Methyl red removal from water by iron based metal-organic frameworks loaded onto iron oxide nanoparticle adsorbent. *App Surf. Sci.* 330: 85–93.
- Domínguez-Martínez, L; Pérez-Villar, M. M; Zorrilla-Velazco, M; González-Roche, Y. M, y Pedrozo-Anoceto, F. 2019. Evaluación de la remoción de colorantes mediante humedales subsuperficiales. *Rev Cub Quim.* 31:108-119.
- Harrelkas F., Paulo A., Alves M.M., El. Khadir L., Zahraa O., Pons M.N., and van der Zee F.P. 2008. Photocatalytic and combined anaerobic photocatalytic treatment of textile dyes. *Chemosph.* 72:1816–1822.
- Krishna, B. D., Mahesh, B., Puspa, L. H. 2020. Adsorptive Removal of Methyl Red from Aqueous Solution using Charred and Xanthated Sal (*Shorea robusta*) Sawdust, *Am. Res. J.* 1:37:44
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, del Diario Oficial del 31 de diciembre del 2000.
- Santhi, T., Santhi, T., Manonmani, S. and Smitha, T. 2010. Removal of methyl red from aqueous solution by activated carbon prepared from the *Annona squamosa* seed by adsorption. *Chem. Eng. Res. Bull.* 14: 11-18.
- Swarnkumar, B and Osborne, W. J. 2020. Heavy metal determination and aquatic toxicity evaluation of textile dyes and effluents using *Artemia salina*. *Biocatal Agr. Biotechnol.* 25:1-8.
- Swarnkumar, B. and Osborne, W. J. 2020. Heavy metal determination and aquatic toxicity evaluation of textile dyes and effluents using *Artemia salina*. *Biocatal Agr Biotechnol.* 25:1-8.
- Tatoba, R., Waghmode, M. B., Kurade, R. T; Sapkal, C. H., Bhosale, B. J., and Sanjay, P. G. 2019. Sequential photocatalysis and biological treatment for the enhanced degradation of the persistent azo dye methyl red, *J. Hazard. Mat.* 371: 115-122

- Yuan, X., Tian, G., Zhao, Y., Zhao, L., Wang, H., Bun Ng, T. 2016. Degradation of dyes using crude extract and a thermostable and pH-stable laccase isolated from *Pleurotus nebrodensis*. Biosci Rep. 36 (4)
- Zaida, Rahayu Y. and Mohd Zulkhairi, A. R. 2014. Removal of Methyl Red from Aqueous Solution by Adsorption on Treated Banana Pseudo Stem Fibers Using Response Surface Method (RSM). Malay J. Anal. Sci. 18: 592-603.

GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO NATURAL SUELO EN AGROECOSISTEMAS GANADEROS COSTEROS EN LA PROVINCIA HOLGUÍN, CUBA

Yamaris Swaby-Quao¹
Arturo Pérez-Vazquez²
Sara Fernández-Cruz¹

¹Universidad de Holguín, Cuba

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz
yamarisq@nauta.cu

RESUMEN

La gestión ambiental del recurso natural suelo en los agroecosistemas ganaderos costeros, constituyó una vía que propició diseñar prácticas y acciones para el uso sostenible del recurso natural suelo en agroecosistemas ganaderos costeros. Se aplicó el diagnóstico de fincas ganaderas lo cual permitió evaluar sus características, así como el grado de utilización en % del uso del suelo y la sostenibilidad del agroecosistema. Se encontró que los sistemas ganaderos modificaron el balance de los nutrientes, aumentó la compactación en un tiempo relativamente corto (menor a dos o tres años), redujo el volumen de los espacios porosos, propició la erosión y la contaminación. Por tanto, se recomiendan prácticas y acciones en función de gestionar la sostenibilidad del agroecosistema ganadero costero.

Palabras claves: Prácticas, Acciones, Sostenibles

INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas ganaderos costeros en Cuba, enfrentan grandes retos, por lo que es necesario que estos mejoren su gestión ambiental para poder adaptarse al cambio climático y mantener un nivel de competitividad sustentable en el tiempo.

La necesidad de satisfacer la demanda creciente de proteína animal conduce al sector ganadero global a incrementar su productividad a expensas del uso intensivo de los recursos naturales, insumos sintéticos y alimentos balanceados. Su explotación desmedida impacta en la mayoría de los ecosistemas naturales con consecuencias desfavorables y convierte al sector pecuario en uno de los principales responsables de los graves problemas medioambientales de la actualidad, que cada vez son más diversos y complejos.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP23) sobre agricultura enumeró diferentes áreas de trabajo a las cuales la ganadería puede contribuir a revertir problemas relacionados al cambio climático e incluyen: i) los métodos y enfoques para evaluar la adaptación, los beneficios secundarios de la adaptación y la resiliencia; ii) la mejora del carbono del suelo y la salud y fertilidad del suelo en praderas y tierras agrícolas, así como los sistemas integrados, incluida la gestión del agua; iii) la mejora del uso de nutrientes y del aprovechamiento del estiércol con miras a lograr unos sistemas agrícolas sostenibles y resiliente; iv) la mejora de los sistemas de gestión ganadera; v) las dimensiones del cambio climático relacionadas con aspectos socioeconómicos y con la seguridad alimentaria y nutricional en el sector agrícola (CMNUCC, 2017).

Esto demuestra la necesidad de lograr un equilibrio entre los objetivos económicos, ambientales y sociales en los agroecosistemas ganaderos costeros, para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales. De ahí que se considere la gestión de los recursos naturales una herramienta útil para la

planificación estratégica, la conservación, uso racional y sostenible de los recursos naturales de cuyos resultados permiten el mejoramiento de los suelos, agua y energía, en los agroecosistemas ganaderos costeros y se eleva por consiguiente el nivel y calidad de vida de los hombres y mujeres que producen, así como el empoderamiento de las fincas ganaderas.

Son varios los mecanismos y estrategias propuestos para reducir el impacto de la ganadería en el medio ambiente y potencializar sus beneficios. Diferentes países de la región de América Latina y el Caribe (como Argentina, Brasil, Ecuador, Colombia, Costa Rica, Cuba, México, Paraguay y Uruguay) que están implementando alternativas para producción de carne disminuyendo impactos ambientales, resaltan la importancia de trabajar mejoras de políticas, estrategias y fortalecimiento de sus instituciones, dándole prioridad a medidas de adaptación vinculadas a prácticas productivas (FAO, 2018a).

Aunque existen diferentes visiones sobre los problemas generados por la ganadería, estos varían de una región a otra y de un país a otro. Sin embargo, existen consensos importantes sobre los impactos más preocupantes, entre los que se destacan la deforestación de los bosques tropicales, la erosión y compactación de los suelos, las emisiones de gases nocivos para la atmósfera (efectos de invernadero y daño en la capa de ozono), contaminación de aguas, eutroficación de cuerpos de agua y zonas costeras, cambios en la cobertura vegetal, disminución de la biodiversidad (plantas y animales), y el uso de recursos no renovables, tales como la energía fósil y fertilizantes (CIPAV, 2014).

A pesar de la importancia del tema, aún son insuficientes las investigaciones para la gestión ambiental de los recursos naturales. Aunque actualmente existen alternativas tecnológicas más racionales, su nivel de adopción por los ganaderos sigue siendo relativamente bajo.

Cabe señalar que la producción ganadera en Cuba es una actividad de gran importancia estratégica, económica y social. Esto debido a su aporte a la seguridad y soberanía alimentaria y nutricional para el Estado y Gobierno de la República, particularmente por su aporte de carne y leche. A pesar de ello, existe una desarticulación entre los procesos productivos y la gestión ambiental sostenible de los recursos, lo cual deriva en una problemática ambiental en los agroecosistemas ganaderos costeros. Además, es un aspecto que preocupa a muchos investigadores, pero que son pocos los interesados en estudiar los impactos de la ganadería en los recursos naturales y cómo mitigar éstos a una escala regional.



Según Matthews (2015), la ganadería tiene un papel clave en la salud futura del planeta. Esta actividad usa 3.4 billones de ha en terrenos, y representa cerca de una cuarta parte de tierras cultivables. En total, la ganadería hace uso de más de dos terceras partes de la superficie mundial bajo agricultura y una tercera parte del total del área global.

Los diagnósticos ambientales de carácter nacional demuestran con claridad que las tres regiones biogeográficas cubanas (Occidente, Centro y Oriente) tienen problemas de deforestación acelerada, corroborándose que la región oriental es la que más ecosistemas naturales boscosos perdió por el incremento de la ganadería. Solo el 6 y el 29% de las áreas territoriales respectivamente conservan parte o todo de la vegetación original caracterizada por su biodiversidad. Los ecosistemas estratégicos de interés por su contribución a la diversidad biológica de Holguín, enfrentan problemas ambientales por el uso ganadero en rangos que van desde 48% a 96% por la presencia de agroecosistemas ganaderos, lo cual se agudizó a partir de la reconversión de los centrales azucareros, así como la entrega de suelo en usufructo y grandes extensiones de suelo con infestación de Marabú.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue diseñar prácticas y acciones para el uso sostenible del recurso natural suelo en agroecosistemas ganaderos costeros de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

La instigación se realizó en el agroecosistema norte de la provincia Holguín, Cuba, los mismos comprenden los municipios costeros de Gibara, Freyre y Banes. Presenta un clima tropical, con una humedad relativa al 80%, temperaturas en rangos 30°C a 35°C, prolongadas sequías y recurrentes desastres naturales. Se utilizó como herramienta, el diagnóstico de fincas ganaderas factor decisivo para la producción de leche en el trópico seco de la región oriental de Cuba (Swaby y Sardiñas 2012). Lo anterior para asesorar a los ganaderos de la costa norte de la provincia Holguín (Figura 1) en el diseño de las prácticas y acciones para la gestión ambiental de los recursos naturales y sostenibilidad en los agroecosistemas ganaderos costeros.



Figura1. Localización del agroecosistema norte de la provincia Holguín (Gibara, Rafael Freyre y Banes), Cuba

En este estudio, analizó las características del suelo (Figura 2) del agroecosistema ganadero, el grado de utilización en % del uso del suelo y la sostenibilidad del agroecosistema.



Figura 2. Suelo predominante Fersialítico Rojo Pardusco ferromagnesial incluido en el agrupamiento Ferrítico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico arrojó que los sistemas ganaderos modificaron el balance de los nutrientes, aumentó la compactación del suelo en un tiempo relativamente corto (menor que 2 o 3 años), redujo el volumen de los espacios porosos, propició la erosión y la contaminación en el 77% de los agroecosistemas.

El análisis de los resultados del diagnóstico permitió proponer prácticas y acciones específicas para el manejo sostenible de suelos en los agroecosistemas ganaderos costeros, válidas para otros agroecosistemas con características similares, entre ellas:

1. Constatar las condiciones agroclimáticas y fisiomorfológicas de los suelos para el manejo de las fincas ganadera.
2. Proteger e incrementar la vegetación natural en la cabecera de los nacimientos, orillas de fuentes de agua.
3. Utilizar racionalmente la mecanización del terreno.
4. Integrar los sistemas de producción agrícolas y pecuarios.

Lo que posibilita:

- Diversificar e incrementar las actividades y las fuentes de trabajo e ingreso priorizando a las mujeres, reduciendo la dependencia de un solo renglón productivo.
- Disminuir la dependencia de insumos externos, tales como fertilizantes, fuentes energéticas, complementos alimenticios para animales y la utilización de subproductos.
- Incrementar y diversificar la oferta de alimentos.
- Reducir las pérdidas de los sistemas de producción.

- Disminuir costos.
- Disminuir los riesgos económicos.
- Sostenibilidad ambiental, económica y social.
- Implementar sistemas silvopastoriles, que permitan:
- Disminuir la dependencia de fertilizantes de síntesis química, principalmente urea.
- Reducir la erosión y la compactación del suelo.
- Estimular el ciclo de nutrientes, estableciendo agroecosistemas multiestratificados.
- Generar un ambiente favorable para los animales.
- Generar productos maderables para autoconsumo en las fincas como leña, postes para cercas y madera para construcciones.
- Establecer cercas vivas para la división de potreros, linderos y bordes de carreteras y caminos, práctica que además de servir para la división de potreros contribuye a reducir el impacto del viento sobre el pasto durante el verano y así tener mejor producción y mayores rendimientos económicos del ganado.
- Establecer especies arbóreas (maderas, leguminosas) en forma integrada con la ganadería,

Con el fin de:

- Aumentar los ingresos.
- Reducir insumos externos.
- Brindar sombra permanente a los animales.
- Promover el ciclaje de nutrientes.
- Reducir los riesgos de derrumbes y servir de barreras rompevientos.
- En zonas con pendientes moderadas (menores de 30%) y sin riesgos de desastres naturales dividir los potreros en áreas pequeñas e implementar rotación de potreros para mejorar la calidad del pasto e incrementar la capacidad de carga.

Para lo anterior es necesario tener en cuenta:

- Evitar el sobrepastoreo, mediante la regulación de los tiempos de ocupación.
- Regular el tiempo de descanso entre 30 a 45 días, siendo mayor en zonas donde el % de uso del suelo es mayor.
- Regular la carga animal de acuerdo a la oferta de alimento. La capacidad de carga animal máxima se estima tentativamente entre 2.000 y 2.500 kg ha⁻¹, de acuerdo a la susceptibilidad del terreno a la degradación, ya que la sobrecarga induce a la compactación y erosión. Esta degradación es más crítica en épocas de mayor precipitación, ya que el suelo húmedo es más sensible a compactarse con la presión.
- Definir el número de cuartón según la relación entre el intervalo de tiempo de descanso, recuperación del pasto del cuartón, y el intervalo de tiempo de ocupación o de consumo del pasto. En épocas lluviosas se requieren descanso para evitar el pisoteo del pasto de toda la parcela, pasto que no consume el animal.
- Manejo integrado de arvenses.
- Realizar manejo adecuado de los pastos.
- Mejorar la productividad de los pastos
- Mejora la conservación del pastizal.
- Mejora la calidad del pasto.
- Establecer sistemas agroforestales.
- Promover la fertilización orgánica de los pastos y forrajes.

Con esta práctica se logrará en el mediano o largo plazo:

- Mejorar las características físicas del suelo (aumento de la capacidad de retención de humedad, promover la agregación de las partículas y reducir la susceptibilidad a la erosión, mejorar la aireación, favorecer la conductividad del agua y disminuir la densidad aparente del suelo, entre otros).
- Mejorar las propiedades químicas del suelo (suministrar elementos esenciales para las plantas, incrementar las reservas nutricionales del suelo y ayudar a mantener uniforme la reacción en el suelo).
- Favorecer la actividad microbiana y el desarrollo de la meso y macro fauna.
- Analizar periódicamente las características químicas del suelo.

Las recomendaciones deben enfocarse hacia:

- Mantener la fertilidad del suelo.
- Realizar las fertilizaciones de acuerdo a los requerimientos nutricionales para cada especie y las características físicas y químicas del suelo.
- Tener en cuenta la fertilidad natural del suelo para los planes de fertilización.
- Evitar la contaminación del suelo y las aguas por exceso de fertilizante.
- Disminuir la contaminación ambiental.

Resultados similares reportaron (Siavosh, 2010 y Toro *et al.*, 2010,) para lo cual elaboraron metodologías, modelos y estrategias respectivamente contentivas de prácticas agroecológicas para la sustentabilidad del sistema productivo. Otras investigaciones de Guimarães *et al.* (2010), Lok (2006) y Casasola *et al.*, (2009) caracterizan, determinan indicadores, y comparan la productividad de los sistemas productivos ganaderos y Jiménez *et al.* (2013 y Alonso (2010) describen o listan los impactos de la ganadería al ambiente y el cobro de los servicios ambientales. Mientras que esta propuesta propone acciones para gestionar la sostenibilidad del agroecosistema a partir de la mejora ambiental del recurso, teniendo en cuenta las dimensiones ambiental y social. Esto en concordancia con reporte de buenas prácticas en fincas ganaderas reportado por el CIPAV (2014).

En Cuba, como consecuencia de las actividades ganaderas, en vastas áreas de tierra, el suelo se ha degradado, algunas en forma irreversible, por un amplio rango de procesos, entre los cuales se destacan: erosión acelerada, compactación y endurecimiento, acidificación, salinización y/o sodificación, disminución en el contenido de materia orgánica, pérdida de diversidad y disminución de la fertilidad del suelo (García *et al.*, 2014). Se estima que el nivel de degradación de suelo en Cuba por sobrepastoreo y compactación, alcanza 2 589 142 ha de pastizales que equivalen en total al 38.7% de la superficie agrícola del país y que en total la situación de erosión es de un 80% del territorio nacional.

Cuba no está ajena a la intensa sequía y otros factores climáticos, agravados por el cambio climático, así como una serie de acciones como son, la uniformidad genética de los forrajes por la siembra de monocultivos de especies prateses, la disposición a cielo abierto y el poco aprovechamiento del estiércol animal en las mismas unidades pecuarias, la tala de los árboles por el uso creciente de la madera para construir cercas y corrales, la sustitución de los pastos por una población predominante de especies no deseables, la aplicación de inadecuadas prácticas de conservación de suelo, el uso frecuente de herbicidas selectivos y el pastoreo y sobrepastoreo, así como la insuficiente gestión ambiental contribuyen con el incremento del deterioro del recurso natural suelo (Martínez *et al.*, 2018, Acosta *et al.*, 2019).

Otras investigaciones señalan que la actividad ganadera figura entre los sectores más perjudiciales para los recursos naturales, contribuyendo entre otros aspectos a la contaminación del agua, la eutrofización (proliferación de biomasa vegetal debido a la excesiva presencia de nutrientes) y la destrucción de los arrecifes de coral. Los principales agentes contaminantes son los desechos de animales, los antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir las pieles, los fertilizantes y pesticidas que se usan para fumigar los cultivos forrajeros (Ruíz *et al.*, 2014). Además, si se considera la cantidad de agua requerida para producir un kilogramo de carne esta rebasa por mucho a los 16 mil litros y mil litros para un litro de leche (Virtual Wáter, 2017).

El sobrepastoreo afecta al ciclo del agua, e impide que se renueven los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos (Martínez *et al.*, 2014). La producción de forraje obliga a desviar importantes cantidades de agua. Se considera que la ganadería es la principal fuente terrestre de contaminación de fósforo y nitrógeno del recurso hídrico, contribuyendo a la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas acuáticos (Ramírez *et al.*, 2017).

Los rebaños provocan al mismo tiempo daños en el suelo a gran escala, con cerca del 20% de los pastizales degradados a causa del sobrepastoreo, la compactación y la erosión del suelo. Esta cifra es aún mayor en las tierras áridas y semiáridas, en donde políticas erróneas y una gestión ganadera inadecuada contribuyen al avance de la desertificación (Acosta *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

A nivel regional y nacional existen y se implementan el marco normativo y la voluntad política favorables para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas ganaderos costeros, para la adaptación al cambio climático.

El análisis de los resultados del diagnóstico permitió proponer prácticas y acciones específicas para el manejo sostenible del suelo en los agroecosistemas ganaderos costeros, las cuales son válidas para otros agroecosistemas con características similares del país.

LITERATURA CITADA

- Alonso J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2): 107-115.
- CEPAL-FAO-IICA 2017. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018. San José, Costa Rica. 268 p
- CMNUCC. 2017. Convención Marco Sobre el Cambio Climático. CC/CP/2017/11/Add.1.
- CIPAV 2014. Implementación de sistemas silvopastoriles y pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en Colombia. pp. 169-188
- Crespo, G., Rodríguez, I., Otero, I., Calero, B. y Fraga, S. 2006b. Metodología para la evaluación integral del estado de fertilidad de los suelos en una región ganadera de La Habana. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 40(4): 495-502
- Jiménez, R., Salazar, D., Oquendo, A. 2013. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Revista Agroforestería de las Américas*. 12: 80-87

- FAO, FIDA y PMA. 2013. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Roma, FAO. Consultado el 15 de abril de 2021; Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3434s/i3434s.pdf>
- FAO. 2018. Livestock and agroecology. How they can support the transition towards sustainable food and agriculture. (Disponible en: https://capitalscoalition.org/livestock-agroecology-how-they-can-support-the-transition-towards-sustainable-food-agriculture/medium=social%20media&utm_campaign=faoanimalhealth). —
- FAO. 2018. World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome. 222 p.
- Guimarães, R.J., Leandro, R.M., Pulrolnik, K., Vilela, L. y Pereira, L.G.R. 2010. Integração lavoura-pecuária-floresta: Uma alternativa para produção animal sustentável. Em: Simpósio de Integração Lavoura-pecuária-Floresta: Alternativa para produção sustentável nos trópicos. Ed. Santos, L.D.T. Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. 49 pp
- Lok, S. 2006. Estudio de la selección de los indicadores de la estabilidad en el sistema suelo-planta de pastizales en explotación. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 120p 16.
- Martínez, J., Dabert, P., Barrington, S., y Burton, C. 2009. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. Bioresource technology, 10022, 5527-5536
- Matthews, C. (2015) Ganadería: Una amenaza para el medio ambiente. Consultado el 29 de octubre de 2015; Disponible en: www.ecosofia.org
- Sadeghian K, S.; Murgueitio, C. Mejía, M. Rivera (2001). Ordenamiento ambiental y reglamentación del uso y manejo del suelo en zona cafetera. Suelos del eje cafetero. Proyecto UTP-GTZ. P 96-108.
- Siavosh Sadeghian kh. (2010). Impacto de la ganadería sobre el suelo alternativas sostenible de manejo.
- Swaby Q. Y; Sardiñas L. Y. (2012, febrero) El diagnóstico de fincas ganadera factor decisivo para la producción de leche en el trópico seco de la región oriental de Cuba. Artículo presentado en 8vo Congreso Internacional de Educación Superior. ISBN:978-959-1614-34-6.
- Toro, P. García, A. Gómez-Castro, A.G. Perea, J., Acero, R. Rodríguez Estévez, V. 2010 Assessment of the sustainability of agroecosystems. Archivos de zootecnia vol. 59 (R), p. 94.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GRANO DE CATORCE RAZAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA

Fernando López-Morales¹
 María Gricelda Vázquez-Carrillo²
 Agustín Aragón-García¹
 Betzabeth Cecilia Pérez-Torres¹
 Fernando Utrera-Quintana³
 Noemí Pérez-Mendoza³
 Lusmila Herrera-Pérez⁴
 Delfino Reyes-López⁵

¹Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), *EcoCampus* Valsequillo

²Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, BUAP, Tecamachalco

⁴Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla

⁵Facultad de Ingeniería Agrohídrica, BUAP, Teziutlán
fernando.lopez@colpos.mx

RESUMEN

En México el maíz (*Zea mays* L.) es un alimento básico y es la materia prima para la elaboración de tortilla, la cual se consume alrededor de 120 kg *per capita*. El país se distingue por ser el centro de origen, domesticación y diversificación, teniendo una gran diversidad tanto a nivel racial, como en variedades de este cultivo. Pocos atributos importantes para los campesinos y consumidores no han sido estudiados bajo un enfoque de calidad de grano y tortilla en maíces raciales (nativos) de Puebla. El objetivo de esta investigación fue conocer las características de calidad de grano de las razas del estado de Puebla. Se realizó una colecta de 14 razas de maíz, durante los meses de noviembre y diciembre del 2020 y principios del 2021 en distintos municipios del estado. En el laboratorio de calidad de grano, masa y tortilla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias se obtuvieron las características físicas y de color del grano. Los resultados obtenidos sobre estas dos variables nos indican que existe una gran diversidad entre las catorce razas en estudio. El índice de flotación (IF) es una medida indirecta de la dureza del grano, mientras que la textura de grano es una clasificación del porcentaje del IF. Existieron todos los tipos de textura del grano desde los muy duros hasta los muy suaves, pasando por los intermedios. Mientras que la diferencia entre razas para Luminosidad, tono y croma, es más grande que el porcentaje de refractómetro de Agtron que fue de 66%. Por lo que esta entidad cuenta con una gran variabilidad en características de calidad de grano y color de grano en razas de maíz que fueron identificadas entre los años 2020-2021.

Palabras clave: *Zea mays*, características físicas, color de grano, textura del grano

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal más importante y cultivado de México, aproximadamente se sembraron 7.2 millones de hectáreas en el 2018, superando en superficie sembrada al sorgo (*Sorgo bicolor* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (GCMA, 2018). Por lo tanto, el maíz es un alimento básico, además de ser la materia prima para la elaboración de la tortilla, que se consume alrededor de 120 kg *per capita* (Figuerola *et al.*, 2001); las tortillas se elaboran en diferentes presentaciones, ya sea empleando harina nixtamalizada de maíz, bajo el proceso tradicional (maíz-masa-tortilla), o bien mediante la composición de los dos procedimientos anteriores (López-Morales *et al.*, 2017).

México se distingue por ser el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz, teniendo una gran diversidad tanto a nivel racial, como en variedades (Kato *et al.*, 2009); debido a que existen alrededor de 59 razas de maíz (Sánchez *et al.*, 2000), pero se estima la existencia de hasta 65 razas, lo cual representaría el 21.66% de la diversidad racial total (Serratos *et al.*, 2012). De acuerdo con Muñoz (2005), una raza es un conjunto de variedades relativamente similares, adaptadas a una región ecológica. Puebla cuenta con una amplia diversidad de razas primitivas que se encuentran actualmente vivas, debido a las condiciones edafoclimáticas y geográficas que han favorecido la diferenciación de las razas, las cuales se distribuyen a lo largo y ancho del estado (Hortelano *et al.*, 2008).

La elaboración industrial de tortillas demanda características específicas del maíz, por lo que es necesario evaluarlas en el grano hasta su producto final que es la tortilla (Coutiño *et al.*, 2008). La evaluación en las características físicas, de nixtamalización y tortilla en razas de maíz han crecido para conocer sus usos específicos en las industrias procesadoras anteriormente mencionadas, lo cual puede ser relevante para iniciar programas genéticos dedicados a la calidad del grano (Antuna *et al.*, 2008). Respecto a los atributos que son relevantes para los campesinos y productores, no han sido estudiados bajo un enfoque de calidad de grano y tortilla en maíces raciales (nativos) del estado de Puebla, por lo que es conveniente conocer la calidad de grano y tortilla de las razas que actualmente existen en la entidad, y si cumplen con las especificaciones requeridas por las industrias de la harina nixtamalizada (IHN) y de masa-tortilla (IMT).

En el 2019, en Puebla se sembraron 532,963 hectáreas de maíz para grano (representando el 56% de la superficie cultivada), las cuales, en su mayoría (91%), se establecieron bajo condiciones de temporal. Esta superficie sembrada generó un total de 1, 026,623 t de grano de maíz, con un rendimiento aproximado de 1.4 t ha⁻¹ (SIAP, 2021), lo que hace suponer que casi en todo el estado se cultiva maíz nativo perteneciente a una raza representativa por cada nicho ecológico (un valle delimitado orográficamente, y que constituye el espacio de adaptación en maíces con características agronómicas, particularmente rendimiento de grano), por lo que se cuenta con una gran diversidad genética de razas, distribuidas en todo el estado, que de acuerdo con Serratos *et al.* (2012) es de 15 razas. El objetivo de esta investigación es dar a conocer las características de calidad de grano de las razas del estado de Puebla. La hipótesis es que Puebla cuenta con una gran diversidad de valores entre razas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material

La colecta de las 14 razas de maíz, se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del 2020 y a principios del 2021 en ocho municipios de Puebla, tratando de abarcar el máximo territorio de tal entidad (Cuatro 1). Por cada raza de maíz se muestrearon 25 mazorcas representativas y típicas de la raza en cuestión. Las mazorcas se desgranaron y limpiaron para ser trasladadas al laboratorio de calidad de grano, masa y tortilla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), ubicado en Texcoco, estado de México.

Cuadro 1. Ubicación de las catorce razas de maíz colectadas en el estado de Puebla (2020-2021).

Raza	Municipio	Localidad	Altura (m)	Color
Arrocillo blanco	Zaragoza	San José Buenavista	2 413	Blanco
Arrocillo amarillo	Zaragoza	San José Buenavista	2 413	Amarillo
Naltel de altura	Chignahuapan	Tenextla	2 282	Blanco
Tablilla de ocho	Chignahuapan	Tenextla	2 426	Blanco
Ancho	Chignahuapan	Ixtlahuaca	2 512	Blanco
Cónico	Chignahuapan	Ciénega larga	2 619	Blanco
Chalqueño	San Pedro Cholula	San Agustín Calvario	2 170	Blanco
Tuxpeño	Izúcar de Matamoros	San Juan Raboso	1 280	Crema
Cacahuacintle	Ciudad Serdán	Jesús Nazareno	2 650	Blanco
Elotes cónicos	Ciudad Serdán	Jesús Nazareno	2 650	Azul
Celaya	San Salvador el Seco	Santa María Coatepec	2 397	Crema
Coscomatepec	San Martín Texmelucan	San Cristóbal	2 212	Blanco
Pepitilla	Huaquechula	Cacaloxochit	1 622	Blanco
Bolita	Huaquechula	Huilulco	1 622	Blanco

Variables evaluadas

Las características físicas del grano evaluadas fueron: humedad de grano (HG) por medio de los medidores de humedad electrónicos que son los más usados para determinarla (AACC, 1976), índice de flotación (IF) que es una medida indirecta de la dureza del grano (Vázquez *et al.*, 2011), así como el peso hectolítrico (PH) que se considera como la densidad aparente del grano y consiste en determinar el peso de la semilla contenida en el volumen de un litro (AACC, 2016). También se obtuvo el peso de cien granos (PCG) y la textura de grano (TG) que es la clasificación del maíz por su dureza mediante el IF. Así mismo, se obtuvo la variable color de grano, la cual fue medida por un reflectómetro Agron (% R) (AACC, 2000). Por último, se midió color con luminosidad (Lum, %), y valores a^* y b^* , con estos dos últimos parámetros se calcularon las variables de tono “hue” (h°) e índice de saturación de color “croma” (McGuire, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables en las características físicas del grano, existe una gran diversidad entre las catorce razas encontradas en el estado de Puebla. Para la HG la raza Arrocillo blanco obtuvo el mayor porcentaje (15.2), mientras que la raza Cacahuacintle fue la de menor porcentaje (10.5) (Cuadro 2). De acuerdo con los resultados de Salinas-Moreno *et al.* (2003) la raza Arrocillo amarillo contuvo la más cantidad de HG, lo que concuerda con nuestros resultados, así mismo, Antuna *et al.* (2008) en la raza Tuxpeño tiene el mismo dato que nuestro estudio. En el PH, los promedios más altos son para las razas arroccillos: blanco y amarillo, mientras que la raza Cacahuacintle tuvo el promedio más bajo. Vázquez *et al.* (2010) encontró la misma tendencia entre las razas Arrocillo amarillo y Cacahuacintle; pero son lo contrario cuando se trata de la característica de PCG específicamente con la raza Arrocillo blanco, resultados similares fueron encontrados por los mismos autores.

Cuadro 2. Características físicas de grano de catorce razas de maíz colectadas en el estado de Puebla (2020-2021).

Raza	HG (%)	PH (kg hL ⁻¹)	PCG (g)	IF (%)	TG	Agtron (%)	Lum (%)	Tono (h°)	Croma
Arrocillo blanco	15.2	77.1	29.9	7.5	MD	51.5	95.4	91.9	5.0
Arrocillo amarillo	14.9	77.0	35.5	24.5	D	24.5	94.5	77.8	8.2
Naltel de altura	12.1	74.4	47.5	53.5	I	50.5	95.2	89.3	5.2
Tablilla de ocho	11.5	74.8	56.5	45.0	I	52.0	94.7	88.5	4.9
Ancho	10.7	64.6	46.4	100.0	MS	78.0	75.5	85.2	22.7
Cónico	12.0	71.8	49.0	89.0	MS	58.5	71.7	81.7	23.8
Chalqueño	11.6	74.0	52.4	43.0	I	51.5	95.4	91.8	5.9
Tuxpeño	11.4	70.9	42.2	56.0	I	65.0	95.6	92.1	5.3
Cacahuacintle	10.5	63.0	67.8	100.0	MS	77.0	74.8	86.0	22.9
Elotes cónicos	10.9	64.5	59.4	100.0	MS	12.0	90.7	271.6	1.8
Celaya	11.6	69.1	46.7	83.5	S	62.5	94.9	89.1	5.3
Coscomatepec	11.9	72.0	44.2	96.0	MS	58.0	95.8	90.1	5.7
Pepitilla	11.2	68.4	34.5	81.5	S	55.5	96.0	91.8	5.2
Bolita	14.4	72.9	43.8	30.5	D	64.0	95.7	91.7	5.4

HG = humedad de grano, PH = peso hectolítrico, PCG = peso de cien granos, IF = índice de flotación, TG = textura de grano, Lum = luminosidad. MD = Maíces muy duros, D = duros, I = intermedios, S = suaves y MS = muy suave.

En tanto el IF es una medida indirecta de la dureza del grano, mientras que TG es una clasificación del porcentaje del IF y de la cual se define el tiempo de cocción para el nixtamal, es decir, a los granos más duros se les da un mayor tiempo de cocción, mientras que a los más suaves se les da menos tiempo de cocción. La raza Arrocillo blanco fue el único que obtuvo grano muy duro (0-12% de IF con un tiempo de nixtamalización de 45 min), mientras que las razas Arrocillo amarillo y Bolita cuentan con un grano duro (13-37% de IF, con 40 min), en tanto, las razas Naltel de altura, Tablilla de ocho, Chalqueño y Tuxpeño contaron con un grano intermedio (38-62% de IF, con 35 min). Las razas Celaya y Pepitilla tienen un grano suave (63-87% de IF, con 30 min), mientras que las razas Ancho, Cónico, Cacahuacintle, Elotes cónicos y Coscomatepec obtuvieron grano muy suave (88-100% de IF, con 35 min). Estos datos fueron muy similares a los encontrados por Vásquez *et al.* (2010) en las mismas razas del estado de México e Hidalgo.

En el porcentaje de reflectancia de Agtron se encontraron valores altos como los de la raza Ancho (78%) y bajos como los de la raza Elotes cónicos (12%). De acuerdo con lo investigado por Vásquez *et al.* (2003) los valores obtenidos son muy similares en mayor o menor medida para las razas Bolita, Pepitilla, Celaya y Tuxpeño, que son las únicas razas que se consideraron en ambos estudios. En tanto, en luminosidad, tono y croma los valores más elevados fueron para las razas Pepitilla (96.0%), Elotes cónicos (271.6°h) y Cónico (23.8), mientras que los valores más bajos fueron para las razas Cónico (71.7%), Arrocillo amarillo (77.8°h) y Elotes cónicos (1.8), respectivamente. Los resultados coinciden con lo registrado por Aragón-Cuevas *et al.* (2012) en razas de maíces de Oaxaca, con respecto a los tres valores del colorímetro, para la gran mayoría de razas identificadas en las dos investigaciones.

CONCLUSIONES

En las razas de maíz, existen una gran diversidad en las características de calidad de grano y color en el estado de Puebla. Una de las características de mayor relevancia fue el índice de flotación, el cual es clasificado por los diferentes tipos de textura del grano, desde los muy duros hasta los muy suaves, pasando por los intermedios, que a su vez define el tiempo de cocción para la nixtamalización, dando más tiempo a los granos muy duros (45 min) y el menor tiempo a los muy suaves (25 min). En humedad de grano se contó con una diferencia entre razas de mayor contraste de 4.7%, en peso hectolítrico fue de 14.1 kg hL⁻¹, y en peso de cien granos es de 37.9 g. Mientras que la diferencia entre razas para Luminosidad, tono y croma, es más grande que el porcentaje de refractómetro de Agron que fue de 66%. Por lo que, en el estado de Puebla, se cuenta con una gran variabilidad en las características físicas de grano y de color en las catorce razas de maíz colectadas a lo largo de la entidad.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece al CONACYT por su apoyo al proyecto: Control biológico de la hormiga arriera (*Atta mexicana*) con hongos extraídos de la descomposición de tortillas de maíz.

LITERATURA CITADA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1976. Official Methods of Analysis. 8th Ed. St. Paul Minnesota, USA. Method 10-10B.
- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th Ed. The Association. St. Paul, Minnesota, USA. Method 26-21A.
- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2016. Approved Methods of Analysis. 11th Ed. The Association. St. Paul, Minnesota, USA. Method 44-19.
- Antuna, G. O., H. S. A. Rodríguez, V. G. Arámbula, G. A. Palomo, A. E. Gutiérrez, B. A. Espinoza, O. E. F. Navarro, y E. E. Andrio. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. Rev. Fitotec. Mex. 31(3): 23-27.
- Aragón-Cuevas, F., J. de D. Figueroa-Cárdenas, M. Flores-Zárate, M. Gaytán Martínez y J. J. Véles-Martínez. 2012. Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Libro Técnico No. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca, México. 249 p.
- Coutiño, E. B., C. G. Vázquez, M. B. Torres, y M. Y. Salinas. 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. Revista Fitotecnica Mexicana 31(3): 9-14.
- Figueroa, C. J. D., G. M. G. Acero, M. N. L. Vasco, G. A. Lozano, A. L. M. Flores, y H. J. González. 2001. Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. Arch. Latinoam. Nutr. 51(3): 293-302.
- GCMA (Grupo Consultor de Mercados Agrícolas) 2018. Balance estadístico nacional de granos y oleaginosas. Disponible en: <https://gcma.com.mx/reportes/balances-nacionales/granos-y-oleaginosas/> (marzo del 2021).
- Hortelano, S. R. R., M. A. Gil, V. A. Santacruz, C. S. Miranda, y T. L. Córdova. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos en el Valle de Puebla. Agricultura Técnica en México 34 (2): 189-200.

- Kato Y. T. A., S. C. Mapes, O. L. M. Mera, H. J. A. Serratos y B. R. A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- López-Morales, F., M. G. Vázquez-Carrillo, J. D. Molina-Galán, J. J. García-Zavala, T. Corona-Torres, S. Cruz-Izquierdo, G. López-Romero, D. Reyes-López, y G. Esquivel-Esquivel. 2017. Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz Tuxpeño. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(5): 1035-1050.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objecting color measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255.
- Muñoz, O. A. 2005. Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz. (2° edición). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 210 p.
- Sánchez, G. J., M. M. Goodman, C. W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany* 54: 43-59.
- Salinas-Moreno Y., F. Martínez-Bustos, M. Soto-Hernández, R. Ortega-Paczka y J. L. Arellano-Vázquez. 2003. Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas del grano de maíces pigmentados. *Agrociencia* 37: 617-628.
- Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. 39 p. Disponible en Internet: <http://p3-raw.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/9/GPORIGENMAIZ%20final%20web.pdf> (marzo del 2021).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Por cultivo. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (marzo del 2021).
- Vázquez, C. M. G., B. L. Guzmán, J. L. G. Andrés, F. S. Márquez. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 26: 231-238.
- Vázquez, C. M. G., C. J. P. Pérez, C. J. M. Hernández, D. M. L. Marrufo, y R. E. Martínez. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4): 49-56.
- Vázquez, C. M. G., L. S. García, M. Y. Salinas, D. J. Bergvinson, and R. N. Palacios. 2011. Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*. 66: 203-208.

DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE TECAMACHALCO, PUEBLA, 2020-2050

Luis Alberto Villarreal-Manzo¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla
lavilla@colpos.mx

RESUMEN

El presente estudio se enmarca, a partir de un análisis de información y datos oficiales, en la proyección de escenarios futuros sobre las demandas y disponibilidades de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, Puebla, de acuerdo a sus diferentes usos consuntivos. La metodología empleada en el presente estudio fue la de investigación bibliográfica y documental, además de la cuantitativa a través del cálculo y la estimación de requerimientos de riego de los cultivos mediante el método de Penman-Monteith. La integración de la información consultada y generada permitió la construcción de escenarios oficiales, calculados y ajustados sobre la disponibilidad y la demanda de agua subterránea en el acuífero, realizándose a la vez, comparaciones y conclusiones entre los mismos escenarios. Los resultados obtenidos respecto a la disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo a datos calculados y ajustados, para el período 2020-2050, muestran un superávit de alrededor del 10.19% para el año 2020, reduciéndose éste paulatinamente en los años siguientes, hasta llegar a un 6.43% de déficit para el año 2050, lo que significa que habrá un déficit de agua subterránea en el acuífero Valle de Tecamachalco prácticamente después del año 2035, éste irá aumentando paulatinamente por lo que se deberán implementar, con carácter de urgente, medidas tendentes a un uso y aprovechamiento más sustentable del agua disponible.

Palabras clave: Uso consuntivo, agua subterránea, déficit

INTRODUCCIÓN

A partir de un análisis de información y datos oficiales se realizó la proyección de escenarios futuros - a poco más de 30 años- sobre las demandas y disponibilidades de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, esto de acuerdo a los diferentes usos consuntivos del agua subterránea, a saber: agrícola, urbano e industrial y otros usos. El mismo se enmarca en la creciente preocupación de la población en general, los diferentes órganos de gobierno, los productores agropecuarios, los industriales y los proveedores de servicios, usuarios todos del agua subterránea de los acuíferos que forman parte de las cuencas y sub-cuencas de las regiones hidrológicas administrativas de la República Mexicana, respecto a la actual disponibilidad y demanda de agua subterránea y las perspectivas de disponibilidades futuras.

Aunado a lo anterior y partiendo de la premisa de que en las actividades agropecuarias se realiza un mayor uso consuntivo de este vital recurso -en ocasiones en más del 80% de los volúmenes disponibles y concesionados oficialmente- se estimaron los requerimientos y los volúmenes de riego de cada uno de los cultivos que formaron parte del patrón de cultivos establecidos, bajo condiciones de riego, en el año 2019, en el área de influencia del acuífero Tecamachalco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Acuífero del Valle de Tecamachalco (AVT), pertenece a la Región Hidrológica IV Balsas, una de las más importantes de México ya que alberga a los estados con mayor población del centro del país, Figura 1. El acuífero presentaba un déficit de agua, en 2002, de -32,091,151 millones de metros cúbicos anuales (-32,091,151 hm³), para el 2013, este se incrementó a -46,779,564 millones de metros cúbicos anuales (-46,779,564 hm³), y actualmente es de -49,102,251 millones de metros cúbicos anuales (-49,102,251 hm³), mientras que la recarga media anual es de 157,1 millones de m³ (157,1 hm³). (Carabias, *et al.*, 2005), (Citados por Hernández *et al.*, 2018).

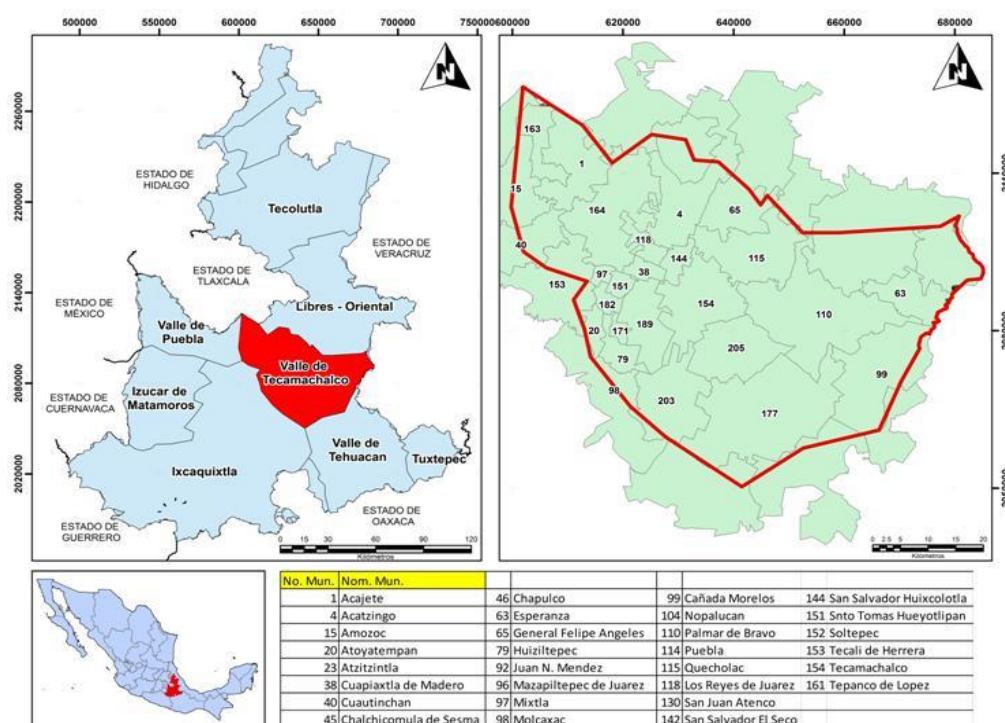


Figura 1. Ubicación del Acuífero del Valle de Tecamachalco y los acuíferos del estado de Puebla. Hernández *et al.* 2019.

Obtención de la información

La metodología empleada en el presente estudio fue la de investigación bibliográfica y documental, además de la cuantitativa a través del cálculo y la estimación de requerimientos de riego de los cultivos mediante el método de Penman-Monteith. La integración y conjunción de la información consultada y generada permitió la construcción de escenarios oficiales, calculados y ajustados sobre la disponibilidad y la demanda de agua subterránea en el acuífero Valle de Tecamachalco en el período 2019-2070, realizándose a la vez, comparaciones y conclusiones entre los mismos escenarios contruidos y elaborándose finalmente una serie de recomendaciones a seguir, sobre todo en lo concerniente al uso del agua en actividades agrícolas, tendientes, las mismas, a realizar en todo momento, un uso más eficiente y racional del agua.

Estimación de las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de los cultivos

Ahora bien, parte del análisis llevado a cabo en el presente estudio y ante la necesidad de contar con información sobre superficies y láminas de riego por cultivo, se enfocó a determinar los volúmenes de agua requeridos por el patrón de cultivos establecido bajo riego en el año 2019 en el área de influencia del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020) y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2016) del Gobierno Federal, a partir de la estimación de las láminas de riego por cultivo. Para ello, se estimaron los requerimientos de riego del patrón de cultivos, utilizando el método de estimación de Penman-Monteith. El volumen total requerido por el patrón de cultivos establecido, se afectó por el 48.55% mismo porcentaje que representa la eficiencia media de requerimiento de riego, obtenida de trabajos experimentales llevados a cabo en la región bajo estudio (Villarreal Manzo, 1994, p. 76).

Construcción de los escenarios de usos consuntivos del agua subterránea

En la construcción de los escenarios oficiales y calculados o estimados respecto a la disponibilidad y demanda de agua en el acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a su uso por los diferentes sectores productivos (primario y secundario) y al aprovisionamiento a la población de las localidades y municipios que forman parte del área de influencia del acuífero, se siguió el siguiente procedimiento:

Con información de los documentos *“Panorama sociodemográfico de Puebla, Tomos I y II”*, del año 2011, se contabilizó la población existente en el año 2010 en cada uno de los 31 municipios que forman parte del área de influencia del acuífero. Con información del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI) se contabilizó la población existente para los años 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015. Con información del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y de acuerdo a las tasas de natalidad para los municipios estudiados, y utilizando tendencias lineales (método del mínimo cuadrado), se realizó la proyección de crecimiento poblacional hasta el año 2070.

La población total se dividió, para su análisis particular, en población urbana y población rural, correspondiendo un 72% del total a población urbana y el restante 28% a población rural. La demanda o uso consuntivo de la población utilizado en la construcción del escenario calculado o estimado, se determinó considerando que la población urbana tiene una demanda de 150 litros por habitante por día. Por su parte, la población rural demanda 75 litros por habitante por día, demandas muy por debajo de los 320 litros por habitante por día que reporta la CONAGUA dispone cada mexicano hoy en día y también datos más cercanos a los 100 a 150 litros por persona por día que reporta la Organización Mundial de la Salud (OMS) debe disponer una persona para cubrir sus necesidades básicas y evitar la mayor parte de los problemas de salud, (Derechos Humanos de la ONU, OMS, 2011).

Por otra parte, en la construcción del escenario oficial o ajustado, la demanda o uso consuntivo de la población se determinó considerando una demanda de agua por la población urbana de 100 litros por habitante por día y de 50 litros por habitante por día por parte de la población rural.

De acuerdo con información oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015), la demanda o uso consuntivo del agua para actividades industriales y otras, corresponde a un 1.00% del volumen concesionado de aguas subterráneas (VCAS) por parte de la misma Comisión. Para consumo público-urbano se consideró el 16.00% del VCAS y para el uso agrícola el restante 83.00% del VCAS.

Para la construcción del escenario calculado, se consideró un 78.24% para uso agrícola, un 20.44% para uso público-urbano y un 1.32% para uso industrial. Finalmente, un escenario ajustado consideró un 83.96% para uso agrícola, un 14.62% para uso público-urbano y un 1.42% para uso industrial.

El escenario de uso consuntivo oficial de demanda y disponibilidad de agua respecto al uso del suelo (ponderado general), para el período 2020-2050, se construyó a partir de información de la superficie en hectáreas dedicadas a cada una de las actividades sustantivas de análisis para el uso del agua del acuífero Valle de Tecamachalco, a saber: uso agrícola, uso público-urbano y uso industrial y otros usos.

Los usos consuntivos de agua por actividad sustantiva, se tomaron de los cálculos realizados en las hojas correspondientes a volúmenes de agua requeridos por el patrón de cultivos establecido -que corresponde al uso consuntivo agrícola- el uso consuntivo demandado por la población y el uso consuntivo realizado por la industria. La suma de estos usos consuntivos representa la demanda total de agua, misma que se graficó contra la disponibilidad de agua subterránea reportada por la CONAGUA en su estudio “Actualización de la disponibilidad media anual de agua del acuífero Valle de Tecamachalco, al 20 de abril de 2015”.

Mismo procedimiento se siguió para la construcción del escenario de uso consuntivo calculado o ajustado.

Finalmente, se realizó un análisis ponderado de los usos consuntivos de agua en el acuífero Valle de Tecamachalco, considerando como línea base la superficie agrícola sembrada y cosechada, el volumen de agua requerido por el patrón de cultivos establecido, e incrementos proyectados del 21% y del 50% de la superficie agrícola sembrada en el área de influencia del acuífero. Los usos consuntivos público-urbano e industrial y otros usos, fueron los mismos reportados en los escenarios oficial y calculado o ajustado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Patrón de cultivos establecido en el año 2020

El patrón de cultivos en el año 2020, estuvo conformado por 43 cultivos anuales y perennes establecidos bajo riego, destacando el maíz grano en cuanto a superficie sembrada con 19,980.63 ha, siguiéndole la alfalfa verde, el frijol, el sorgo grano, la lechuga, y el brócoli con 9,643.60; 3,911.25; 2,703.33, 2,148.50 y 1,875.50 ha, respectivamente. La superficie cosechada total fue de 59,325.43 ha, obteniéndose un total de 1'476,506.70 toneladas de productos agrícolas, con un valor de la producción de \$3,009'326,040.00, destacando el maíz grano con una aportación de \$518'967,960.00, representando poco más del 17% del valor de la producción total en el acuífero Valle de Tecamachalco.

Construcción de los escenarios de usos consuntivos del agua subterránea

En la construcción de los escenarios de uso consuntivo, se consideraron los volúmenes de agua de acuerdo a la superficie sembrada y requeridos por cada uno de los cultivos establecidos. Destacando los volúmenes requeridos o usos consuntivos del cultivo de alfalfa verde, del maíz grano, del sorgo grano, del brócoli y del frijol, esto de acuerdo a la superficie sembrada y cosechada de cada uno de estos cultivos, mientras que el resto de cultivos mostraron una tendencia más o menos uniforme en cuánto a sus requerimientos de riego. Los cultivos establecidos en el área de influencia del acuífero Valle de Tecamachalco, tuvieron un uso consuntivo total de 151'289,192.53 m³ de agua en las 59,325.43 ha cosechadas, uso consuntivo que representa el 73.37% del volumen total de agua subterránea concesionado.

Para el año 2050, la superficie agrícola será, de acuerdo a datos oficiales, de 65,406.29 ha; la superficie ocupada por localidades urbanas y rurales será de 39,543.31 ha, mientras que la ocupada por parques industriales será de 610.00 ha. El uso consuntivo total será de 218'774,852.92 m³; 23'493,198.26 m³

más respecto el uso consuntivo total del año 2020. Los resultados indican volúmenes totales de 202.08 millones de m³ para el año 2020, disminuyendo dicho volumen en años subsecuentes hasta llegar a 190.14 millones de m³ para el año 2050. Conforme a lo anterior, el superávit o déficit de agua subterránea, de acuerdo a datos oficiales, para el período 2020-2050 fue de 3.36% para el año 2020, disminuyendo éste paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 15.06% de déficit para el año 2050 (Cuadro 1 y Figura 2).

Cuadro 1. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos oficiales, en el período 2020-2050.

Año	Demanda	Disponibilidad	%	Superávit/déficit
2020	195,281,654.66	202,078,205.98	96.64	3.36
2030	205,896,838.45	196,015,859.80	105.04	-5.04
2050	218,774,852.92	190,135,384.01	115.06	-15.06

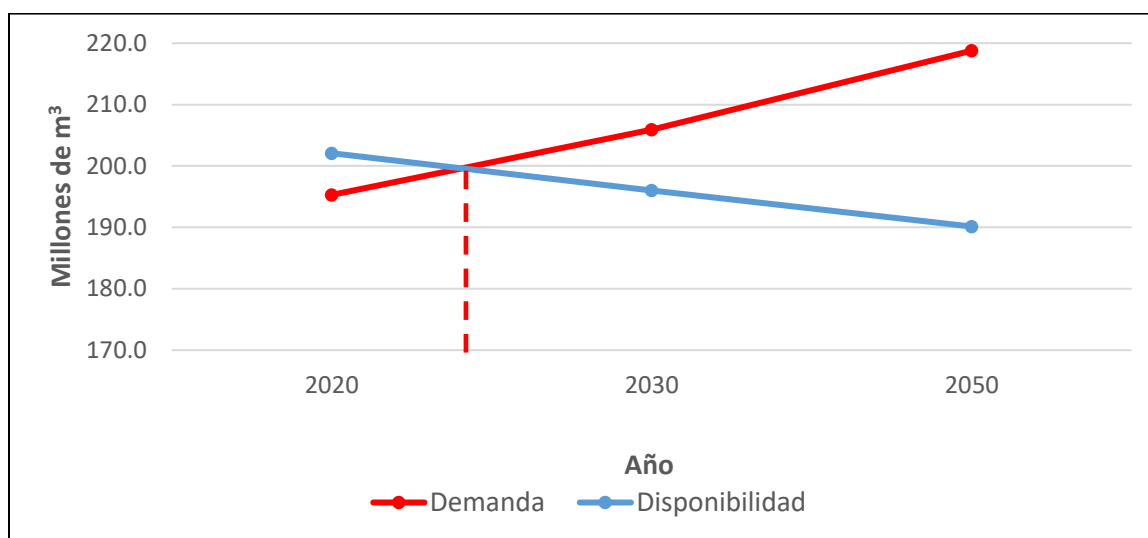


Figura 2. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos oficiales, en el período 2020-2050.

Por otra parte, la disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo a datos calculados y ajustados, para el período 2020-2050, muestran un superávit de alrededor del 10.19% para el año 2020, disminuyendo éste paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 6.43% de déficit para el año 2050, lo que implica que prácticamente a partir del 2035, en el acuífero Valle de Tecamachalco, habrá un déficit de agua y que éste se irá incrementando paulatinamente, (Cuadro 2 y Figura 3).

Cuadro 2. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos calculados y ajustados, en el período 2019-2070.

Año	Demanda	Disponibilidad	%	Superávit/déficit
2020	181,486,849.31	202,078,205.98	89.81	10.19
2030	191,102,512.02	196,015,859.80	97.49	2.51
2050	202,353,150.58	190,135,384.01	106.43	-6.43

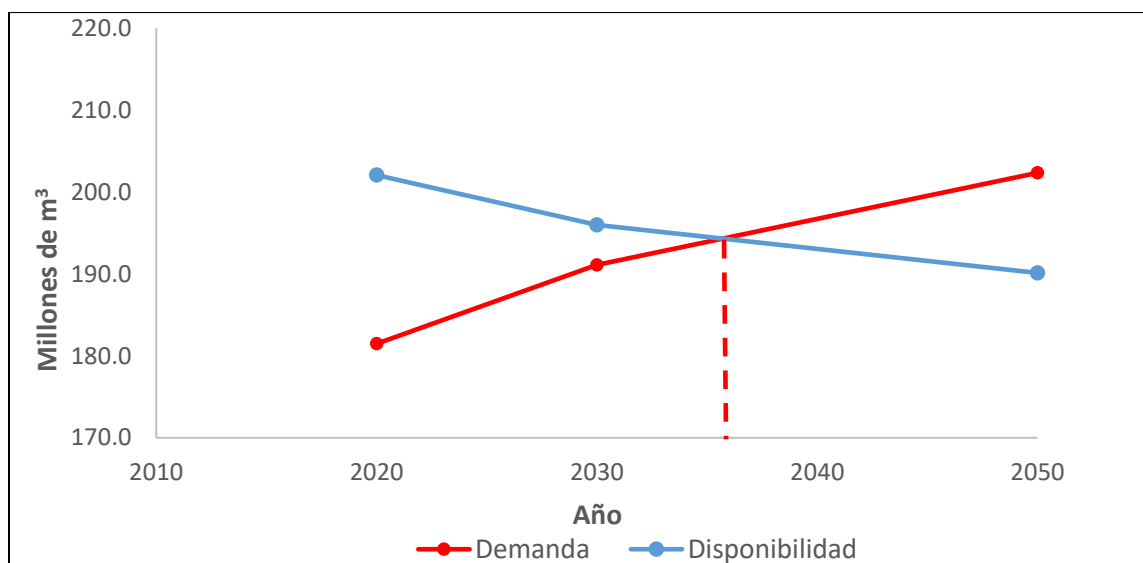


Figura 3. Disponibilidad y demanda de agua subterránea del acuífero Valle de Tecamachalco, de acuerdo a datos calculados y ajustados, en el período 2020-2050.

CONCLUSIONES

El acuífero Valle de Tecamachalco cubre una superficie de 3,600.00 km², lo que representa el 10.49% con respecto a la superficie total del estado de Puebla. Presenta un déficit de disponibilidad de aguas subterráneas, al año 2015, de 49.1 Mm³.

Considerando un consumo de agua per cápita de 150 l/hab./día en localidades urbanas y de 75 l/hab./día en localidades rurales; el volumen total de agua subterránea concesionado disminuiría hasta los 193'366,539.28 m³; 12'835,711.72 m³ menos del volumen oficial concesionado en el año 2015.

Ajustando el consumo de agua per cápita a 100 l/hab./día en localidades urbanas y a 50 l/hab./día en localidades rurales; el volumen total de agua subterránea concesionado disminuiría a 180'193,059.67 m³; un volumen de 26'009,191.33 m³ de agua subterránea menos del volumen oficial concesionado en el año 2015.

La disponibilidad y la demanda de agua subterránea, de acuerdo a datos calculados y ajustados, para el período 2020-2050, muestran una disponibilidad de alrededor del 10.19% para el año 2020, reduciéndose ésta paulatinamente en los años subsecuentes hasta llegar al 6.13% de déficit para el año 2050.

Conforme a las proyecciones realizadas en el presente estudio, prácticamente a partir del año 2035 habrá un déficit de agua subterránea en el acuífero Valle de Tecamachalco.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional del Agua. 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Tecamachalco, Estado de Puebla. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. 20 de abril de 2015. México, D.F.

- Hernández, V.L., Villarreal, M.L.A., Ramírez, V.B., Ocampo, F.I., Jaramillo, V.J.L. y Ortiz, E.B. 2018. Distribución espacial y temporal de aprovechamientos de agua del acuífero del Valle de Tecamachalco, Puebla. *Ambiente y Desarrollo*. Vol. 22, Núm. 42 enero-junio, 2018.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Gobierno Federal. 2020. Avances de siembras y cosechas. <http://www.gob.mx/siap>. México, D.F.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. 2016. Estimación de las demandas de consumo de agua. [www.sagarpa.gob.mx/.../INSTRUCTIVO DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/.../INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf). México, D.F.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. Organización Mundial de la Salud. 2011. El derecho al agua. Folleto informativo no. 35. Palais des Nations, 8-14 avenue de la Paix, CH-1211 Ginebra 10, Suiza. www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf
- Villarreal, M.L.A. 1994. Metodologías de diagnóstico y planeación de la operación de unidades de riego por bombeo. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Hidrociencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

COLONIZACIÓN MICORRIZICA EN DOS ORQUÍDEAS EPÍFITAS ENDÉMICAS DE MÉXICO: *Prosthechea karwinskii* y *Rhynchostele aptera*

Claudia García-Sánchez¹
Jesús Pérez-Moreno¹
Sandra Cortes-Pérez¹
Juan José Almaraz-Suárez¹
Julián Delgadillo-Martínez¹
Víctor Manuel Cetina-Alcalá¹
Fernando López-Morales²

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla *Eco Campus* Valsequillo
claudia.garcia@colpos.mx

RESUMEN

Las orquídeas epífitas entablan una relación estrecha con el forófito que les brinda el microclima propicio para su desarrollo, y para ello, han tenido que adquirir adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que han hecho posible su adaptación al ámbito epifítico. Entre estas adaptaciones se reconoce la simbiosis que forman con hongos del filum Basidiomycota y algunos Ascomycota, esenciales para la germinación de sus semillas y su desarrollo. México cuenta con una gran diversidad de orquídeas, entre ellas, las especies de interés en este estudio: *Prosthechea karwinskii* y *Rhynchostele aptera*, de importancia económica, medicinal y ceremonial. Los estudios de los simbioses se han desarrollado más en las orquídeas terrestres, en comparación a las especies epífitas, los cuales han sido insuficientes. El objetivo de estudio fue cuantificar la intensidad y la extensión de la colonización micorrizica en las raíces de estas especies. La colecta se realizó en bosques de pino-encino, en dos comunidades de Oaxaca (Santa Catarina Estetla y La Purísima Concepción). Se seleccionaron 15 raíces maduras que estuvieron en contacto con la corteza del hospedero, para cada una de las especies en estudio. Se realizaron cortes transversales, se tiñeron y observaron al microscopio óptico, para evaluar la colonización. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de Tukey con una $p \leq 0.05$ en el programa SAS®. En *P. karwinskii* la colonización fluctuó entre 65 y 68%, sin encontrar diferencias significativas entre ambos sitios de estudio, mientras que en *R. aptera* se reportó una colonización de 48%. Se observó que el tejido cortical de *P. karwinskii* y *R. aptera* está colonizado por los hongos orquideoides, y está influenciada por el contacto con los residuos orgánicos que se depositan en el hospedero.

Palabras clave: Conservación, orquideoide, pelotones

INTRODUCCIÓN

Las orquídeas están ampliamente distribuidas en el planeta y presentan una gran diversidad. Algunas de estas especies destacan por los variados usos que se les han dado desde tiempo prehispánicos, los cuales prevalecen hasta nuestros días. Por ejemplo, la vainilla es de importancia comercial, y otras especies poseen relevancia biocultural, y son empleadas en la medicina tradicional y en las festividades religiosas. En sí, la familia Orquidaceae resalta por las formas exóticas y la gama de colores que presentan sus flores (García-Peña y Peña, 1981; Solano-Gómez *et al.*, 2010).

Al ser especies de interés económico, las comunidades naturales de muchas de ellas se han visto disminuidas, debido a la cantidad de especímenes que son extraídos cada año. También, hay que considerar que su crecimiento y desarrollo es lento, y les toma años alcanzar su madurez y producir

sus flores. Así como, la reducción de las poblaciones naturales de los polinizadores que establecen una relación específica con las orquídeas, lo que incrementa su vulnerabilidad, y el deterioro de su hábitat por el avance de la agricultura y la deforestación de los bosques (Menchaca, 2011; Fay *et al.*, 2015).

Su ecología es compleja, y a esto se suma, que requieren la participación de hongos saprófitos, ectomicorrícicos, endófitos y fitopatógenos del filum Basidiomycota y algunos Ascomycota, en la germinación de las semillas, las cuales carecen de endospermo. Las hifas del hongo penetran las células de las semillas y dentro de ellas, se enrollan para formar los pelotones y así colonizan el protocormo (Smith y Read, 2008; McCormick *et al.*, 2018). El intercambio nutricional se ha observado con los pelotones lisados y no lisados, y se ha llegado a sugerir la combinación de ambos mecanismos (Bougoure *et al.*, 2014). Entre el hongo y la orquídea sucede la transferencia de carbono, nitrógeno y fósforo a lo largo de su asociación protocormo-planta adulta (Cameron *et al.*, 2007).

La mayoría de los estudios con respecto a los simbioses se han desarrollado en especies terrestres de hábitat templado, mientras que las investigaciones en las áreas Neotropicales han sido insuficientes. México posee una diversidad importante de orquídeas, todas ellas escasamente estudiadas en relación a sus microsimbioses. Tomando en consideración este escenario, en el presente trabajo se evaluó la colonización micorrizica en el tejido cortical de dos especies epífitas endémicas de México: *Prosthechea karwinskii* y *Rhynchostele aptera*, colectadas en dos comunidades de Oaxaca: Santa Catarina Estetla y La Purísima Concepción. Estas orquídeas son apreciadas por la belleza de sus flores, lo que las ha llevado a ser colectadas en grandes cantidades, y pone en riesgo su existencia.

Prosthechea karwinskii (Mart.) Soto Arenas y Salazar, se localiza en la Sierra Madre del Sur y en el Eje Volcánico Transversal, en bosques de encino y pino-encino. En Guerrero y Oaxaca se concentran las poblaciones mejor conservadas. Es una epífita de porte simpodial, sus flores son amarillas y emanan un aroma cítrico y florece en febrero y mayo (Espejo, 2012; Silva, 2019). Y *Rhynchostele aptera* (Lex.) Soto Arenas y Salazar, se distribuye en Durango, Jalisco, Michoacán, Morelos, Veracruz, Guerrero y en Oaxaca, en bosques húmedos de encino y de pino-encino. Es una planta epífita de porte simpodial, sus flores son blancas con motes pardos y florece de febrero a abril (Jiménez, 1998; Espejo, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Prosthechea karwinskii se colectó en marzo de 2018 en dos comunidades de Oaxaca: en Santa Catarina Estetla, ubicada en el municipio de Santa María Peñoles, Oaxaca, en las coordenadas geográficas 17° 16.593' N y 97° 38.132' O a una altitud de 2 150 m, y en la comunidad La Purísima Concepción, en La Heroica Ciudad de Tlaxiaco, a 17° 16' 27.9" N y 97° 38' 30.9" O a una altitud de 2 160 m. Y *Rhynchostele aptera* es originaria de la comunidad de Ndoyocoyo, en el municipio de San Esteban Atlatlahuca, Tlaxiaco, situada a 17° 06' 45" N y 97° 43' 59.9" O a una altitud de 2 520 m, esta planta fue una donación del Mtro. Daniel Bautista Avendaño, en julio de 2018. Las plantas colectadas se transportaron al laboratorio de Microbiología, en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, estado de México.

En *P. karwinskii* (las dos comunidades) y *R. aptera* se analizaron quince raíces maduras con presencia de restos orgánicos. En cada una de las raíces seleccionadas se realizaron cortes transversales de aproximadamente 1 mm de espesor con navajas Gillette®. Los cortes seleccionados al azar se colocaron en portaobjetos y se adicionó fucsina ácida Meyer® al 0.01% p/v diluida en ácido láctico, glicerol y agua destilada en la proporción 14:1:1 (Rasmussen y Whigham, 2002). Las observaciones se realizaron en un microscopio óptico Leica® a 10x y 40x.

En la evaluación de la colonización se empleó el método propuesto por Rasmussen y Whigham (2002), el cual consiste en una escala visual en la que se fraccionó el cortex de cada una de las muestras en cuadrantes. Los autores proponen iniciar en 0% (sin colonización), seguido de 12.5%, 25%, 50%, 75% y 100% (todo el tejido cortical ocupado por pelotones fúngicos). También se registró el número total de cortes realizados. En cada uno de ellos se identificó la presencia o ausencia de los simbiontes y de este modo conocer que tanto se extendió la colonización a lo largo de las raíces analizadas. Con los datos obtenidos se efectuó un ANOVA y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las pruebas estadísticas se efectuaron con el programa SAS® versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizó la presencia y la distribución de los hongos orquideoides en *P. karwinskii* y *R. aptera*, y en cada uno de los casos se encontró que el tejido cortical de las raíces es colonizado por estos microorganismos. Con respecto a *P. karwinskii*, se halló que las plantas colectadas en la comunidad de Santa Catarina Estetla, exhibieron una colonización cortical del 68%, y los especímenes nativos de La Purísima Concepción, presentaron una colonización del 65%. Al realizar la comparación de medias en esta especie no se encontraron diferencias significativas entre las dos zonas de colecta (Figura 1), mientras que en *R. aptera* la ocupación del tejido cortical fue del 48%. Al comparar los niveles de colonización entre estas especies, se observó una mayor micorrización en *P. karwinskii*, con respecto a *R. aptera* y se determinó una diferencia significativa entre ambas especies (Figura 1).

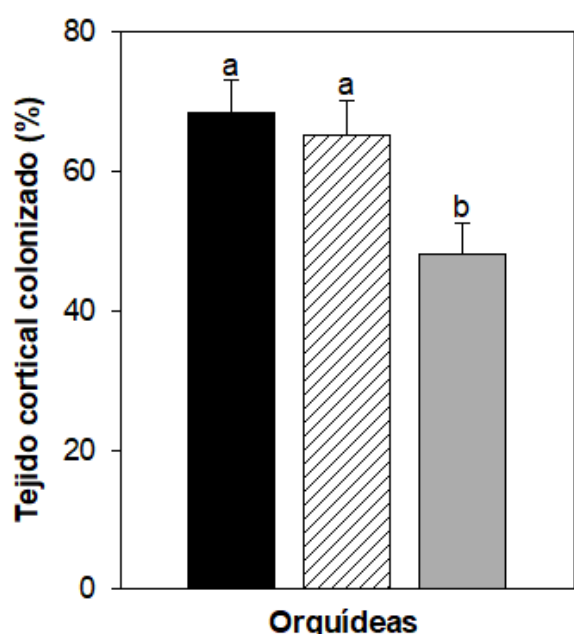


Figura 1. Porcentaje de colonización en el tejido cortical de *P. karwinskii* y *R. aptera*. *P. karwinskii* colectada en la comunidad de Santa Catarina Estetla = barra negra; *P. karwinskii* de la comunidad La Purísima Concepción = barra con diagonales; *R. aptera* originaria de San Esteban Atlatlahuca = barra gris. Los valores son medias $\pm$ el error estándar, y aquellos con la misma letra no son diferentes significativamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$; $n = 700$; Diferencia Mínima Significativa = 16.11).

En *P. karwinskii* de Santa Catarina Estetla, la colonización se extendió en 99% de las raíces analizadas. En *P. karwinskii* de La Purísima Concepción, se observó una extensión en 98% del tejido cortical que

se examinó, y en *R. aptera* se apreció una extensión de colonización en 91% en el tejido que se estudió. En cada uno de los casos se observaron 700 cortes transversales. Esto nos indica, que los simbiontes habitan una gran área del cortex en las raíces de estas orquídeas epífitas, pero en diferentes proporciones. Ambos datos son complementarios, ya que el primero nos mostró el porcentaje del tejido cortical que es ocupado por los simbiontes, y en el segundo caso, se indicó el grado de propagación de la colonización a lo largo de las raíces. En la Figura 2 se muestra la presencia de pelotones fúngicos o el enrollamiento de hifas, que es la característica morfológica de esta simbiosis.

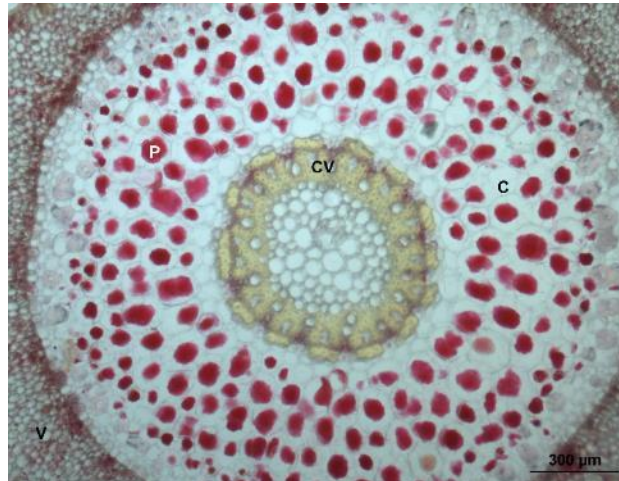


Figura 2. Corte transversal de la raíz de *R. aptera* que muestra el 100% de colonización micorrizica en el tejido cortical, observación en un microscopio óptico a 4x; CV = cilindro vascular; C = cortex; V = velamen; P = pelotón.

Entre los primeros reportes de orquídeas epífitas, se encontraron colonizaciones eventuales y menores al 1% (Hadley y Williamson, 1972). Sin embargo, en años posteriores, se ha demostrado que diversas especies de orquídeas epífitas son colonizadas de manera variable y se han reportado colonizaciones que van desde el 10% hasta casi el 90% en su tejido cortical, por ejemplo; en *Cattleya* se reportaron colonizaciones de 30%, en *Cymbidium* de 88% (Bagyaraj y Powel, 1983); en *Epidendrum williamsonii* de 10%, en *Campylocentrum micrantha* de 70% (Bermudes y Benzing, 1989); en *Luisia zeylanica* de 34% y en *Acampe praemorsa* de 79% (Sathiyadash *et al.*, 2012).

Con base en los resultados obtenidos y en la literatura consultada, se sabe que la presencia de los simbiontes depende del hábito de crecimiento de la orquídea (Sathiyadash *et al.*, 2012), del estado fenológico de las raíces (Bertolini *et al.*, 2014), de la edad de la planta (Rasmussen y Whigham, 2002), del contacto con los residuos orgánicos que se depositan en la corteza del forófito y de la variación estacional (Lesica y Antibus, 1990).

Las especies en estudio son de importancia cultural y económica, son colectadas y comercializadas para las festividades de semana santa, por ello, sufren la presión de una extracción masiva, lo que está afectando sus comunidades naturales.

CONCLUSIONES

Se observó que el tejido cortical de *P. karwinski* y *R. aptera* está colonizado por los hongos orquídeoideos, siempre y cuando hubieran estado en contacto con la corteza de su hospedero en donde se depositan los residuos orgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca concedida para realizar los estudios en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

LITERATURA CITADA

- Bagyaraj, D. J., and Powell, C. L. 1983. Occurrence and intensity of mycorrhizal infections in cultivated orchids in some New Zealand nurseries. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 26(3): 409-412.
- Bermudes, D., and Benzing, D. H. 1989. Fungi in neotropical epiphyte roots. *Bio Systems*, 23(1): 65-73.
- Bertolini, V., Cruz-Blasi, J., Damon, A., and Valle, J. 2014. Seasonality and mycorrhizal colonization in three species of epiphytic orchids in southeast Mexico. *Acta Botanica Brasilica*, 28(4): 512-518.
- Bougoure, J., Ludwig, M., Brundrett, M., Cliff, J., Clode, P., Kilburn, M., and Grierson, P. 2014. High-resolution secondary ion mass spectrometry analysis of carbon dynamics in mycorrhizas formed by an obligately myco-heterotrophic orchid. *Plant, Cell and Environment*, 37: 1223-1230.
- Cameron, D. D., Johnson, I., Leake, J. R., and Read, D. J. 2007. Mycorrhizal acquisition of inorganic phosphorus by the green-leaved terrestrial orchid *Goodyera repens*. *Annals of Botany*, 99(5): 831-834.
- Espejo, S. A. 2012. El endemismo en las Liliopsida mexicanas. *Acta Botánica Mexicana*, (100): 195-257.
- Fay, M. F., Pailler, T., and Dixon, K. W. 2015. Orchid conservation: making the links. *Annals of Botany*, 116(3): 377-379.
- García-Peña, M. R., y Peña, M. 1981. Uso de las orquídeas en México desde la época prehispánica hasta nuestros días. *Orquídea (Méx.)*, 8(1): 59-75.
- Hadley, G., and Williamson, B. 1972. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. *New Phytologist*, 71: 1111-1118.
- Jiménez, M., Sánchez, S., y García-Cruz, J. 1998. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Familia Orchidaceae. Fascículo, 67: 1-83.
- Lesica, P., and Antibus, R. 1990. The Occurrence of Mycorrhizae in Vascular Epiphytes of Two Costa Rican Rain Forests. *Biotropica*, 22(3): 250-258.
- McCormick, M. K., Whigham, D. F., and Canchani-Viruet, A. 2018. Mycorrhizal fungi affect orchid distribution and population dynamics. *New Phytologist*, 219(4): 1207-1215.
- Menchaca, R. A. 2011. Manual para la propagación de orquídeas. México: CONAFOR.
- Rasmussen, H., and Whigham, D. 2002. Phenology of roots and mycorrhiza in orchid species differing in phototrophic strategy. *New Phytologist*, 154: 797-807.
- Sathiyadash, K., Muthukumar, T., Uma, E., and Pandey, R. R. 2012. Mycorrhizal association and morphology in orchids. *Journal of Plant Interactions*, 7(3): 238-247.
- Silva, M. I. 2019. Aislamiento y determinación de la estructura molecular de metabolitos secundarios de *Prosthechea karwinskii* (Orchidaceae) (Tesis de maestría). UNAM, CDMX.

- Smith, S. E., and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third Edition. London: Academic Press. Chapter 12, The mycorrhizas of green orchids; p.419-457.
- Solano-Gómez, R., Cruz, G., Martínez, A., y Lagunez, L. 2010. Plantas utilizadas en la celebración de semana santa en Zaachila, Oaxaca, México. Polibotánica, (29): 26.

INFILTRACIÓN DEL AGUA EN UN SUELO LUVISOL CON DIFERENTES AGROECOSISTEMAS DEL MUNICIPIO JUÁREZ CHIAPAS

Arquimedes Cruz-Coliaza^{1*}
Maximiano Antonio Estrada-Botello¹
Salomé Gayosso-Rodríguez¹
Rufo Sánchez-Hernández¹
Juan de Dios Mendoza-Palacios¹

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
coliazaquime@gmail.com

RESUMEN

La infiltración del agua en el suelo en los agroecosistemas depende de diversos factores, bióticos y abióticos. Con respecto a los factores bióticos se encuentra el tipo de cobertura del suelo que interviene en la acumulación del agua en el suelo y su percolación, y por otro lado el factor humano en el manejo de los suelos, con respecto a los abióticos las condiciones ambientales son factores importantes como la temperatura, la precipitación, así como el suelo. Por tal razón el presente trabajo tiene como objetivo determinar la velocidad básica y lámina acumulada en diferentes agroecosistemas. El experimento se realizó en el municipio Juárez del estado de Chiapas, en tres agroecosistemas: a) potrero, b) área agrícola sembrada con maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*), y c) área con cacao (*Theobroma cacao*); y se usó un testigo cubierto por selva. Para determinar la velocidad de infiltración y la lámina acumulada, se usó el método de doble cilindro, se realizaron tres pruebas por área de estudio, con una duración de 12 horas. Los datos se ajustaron al modelo de Kostiakov-Lewis, así mismo se obtuvo el modelo de la lámina acumulada con los datos de campo en cada área de estudio. De acuerdo con los resultados el área con cacao fue la que presentó mayor velocidad de infiltración y siendo la de menor la del potrero, esta misma tendencia ocurrió con la lámina acumulada. Por lo que se puede concluir que la velocidad de infiltración del agua y la lámina acumulada se ve afectada por el tipo de cobertura en el suelo por el tipo de agroecosistema.

Palabras clave: agua, propiedades físicas, Kostiakov

INTRODUCCIÓN

Los agroecosistemas se ven afectados por la cantidad de agua que estos pueden almacenar, por las propiedades físicas del suelo como es la velocidad de infiltración y la lámina acumulada. Con respecto a la velocidad de infiltración es el proceso que define la entrada y el movimiento, en general vertical, del agua a través de la superficie del suelo en una unidad de tiempo definida (García-Hernández *et al.*, 2008). Mientras que la lámina acumulada es la cantidad de agua que se almacena (en unidades de longitud). Estas propiedades se ven afectadas por las características del perfil edáfico, como la textura, la estructura, la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, así como por el tamaño y volumen total del espacio poroso, el tipo de roca que originó al suelo de cada ecosistema, la textura edáfica, la cercanía a los cuerpos de agua y la edad del ecosistema (García-Hernández *et al.*, 2008). Además, el cambio de uso de suelo en el territorio de una cuenca, afecta directamente la infiltración y escurrimiento superficial de agua, alterando el balance del ciclo hidrológico. Por ello, la infiltración del agua se considera como uno de los procesos más importantes del ciclo hidrológico y es una de las propiedades del suelo que depende de los procesos de degradación como la compactación (Hernández, 2009). Que finalmente impactan sobre el balance hídrico de la misma (Lozano-Trejo *et al.*, 2020).

Esto indica que los diversos agroecosistemas son afectados por los factores bióticos, por ejemplo, el pisoteo de los animales en los potreros se establece una serie de acciones entre el animal y el ecosistema pastoril, que generan modificaciones en las características de la vegetación y del suelo como es la velocidad de infiltración, ya que el pisoteo en un suelo exento de cobertura vegetal disminuye los niveles de porosidad y de estabilidad de los agregados (Denoia *et al.*, 2000). En la parte agrícola el conocimiento de la velocidad de infiltración del agua es un factor importante para determinar las necesidades de la planta y para el diseño del riego, sin embargo, estas se ven afectadas por el uso de la maquinaria, estas propiedades son sensibles a las variaciones en el tiempo, en dependencia del sistema de uso y manejo, causa principal de los bajos valores de infiltración y porosidad, especialmente en los sistemas de pastos naturales y cultivados (Leyva *et al.*, 2018). En las zonas con vegetación natural se ven más afectada por la práctica de roza-tumba-quema, que año con año genera la pérdida de grandes superficies para la conversión en áreas agrícolas y pecuarias, de igual forma, la expansión de los asentamientos humanos que consecuentemente han generado procesos de deforestación, fragmentación y degradación de las selvas (Ortega-Baranda *et al.*, 2020). Este cambio en el uso del suelo ha provocado diferencias estructurales, en la composición, diversidad arbórea y a la estructura físico-química del suelo de los remanentes de estas selvas. Estas perturbaciones han confinado esta vegetación primaria a pequeños manchones y como resultado a la creación de grandes áreas de vegetación secundaria (Ortega-Baranda *et al.*, 2020).

En este sentido es importante conocer como los cambios de cobertura intervienen en la infiltración del agua que tiene gran importancia en el comportamiento del ciclo hidrológico, debido a que la disponibilidad del agua en el suelo integra el sistema climático y determina la dinámica de producción de los cultivos (Jaramillo-Robledo y Chávez-Córdoba, 1999).

El estado de Chiapas cuenta con una superficie de 7 487 729 ha, de las cuales 804,013 has son agrícolas, 1 184 082 ha con pastizal cultivado, 2 821 261 ha son de Selva (Biopasos, 2019), y para la superficie cultivada con cacao es de 18 475.90 ha (SIAP, 2021), por lo que cada área retiene diferentes cantidades de agua, que directamente afectan a los escurrimientos y de una u otra forma son afectados por el cambio climático. Chiapas está constituido geológicamente por terrenos paleozoicos, terciarios, cuaternarios, del cretácico inferior, terciarios oligocenos, triásico y jurásico, cretáceo superior y paleozoicos con rocas ígneas. Los tipos de suelos predominantes son: acrisol, litosol, cambisol, regosol, solonchak, andosol, luvisol, vertisol y nitosol (INAFED, 2010). De acuerdo al INEGI (2005) el municipio de Juárez Chiapas, predominan tres tipos de suelo, los cuales, en su mayoría, se representado por Luvisol (60.06%), los Acrisol (21.82%) y por ultimo a los Gleysol (17.99%). Los principales usos del suelo y su vegetación son, Pastizal cultivado (71.68%), agricultura (12.61%) y zona urbana (0.92%) Selva (11.53%) y tular (3.26%).

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo conocer los modelos de infiltración del agua como el modelo de Kosciakov-Lewis, que predicen la tendencia de la velocidad de infiltración y la lámina acumulada, ya que este modelo contribuye a determinar el flujo del agua a través del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la comunidad de Nicolas Bravo 1ª Sección, del municipio de Juárez del Estado de Chiapas México, localizada en la Llanura Costera del Golfo, prevaleciendo el terreno plano, un suelo luvisol, sus coordenadas geográficas del sitio de estudio son 17°38'48.7"N 93°08'14.3"W. Su altitud es de 120 msn. El clima del municipio es cálido húmedo y con lluvias todo el año, en la cabecera municipal la temperatura media anual es de 25°C y una precipitación pluvial de 2,600 milímetros anuales (INAFED, 2010).

El experimento se realizó en el mes de junio de 2021, en diferentes agroecosistemas: Potrero (T1) en el que se encuentran pastizales para pastoreo, Área agrícola (T2) cultivada con arroz y maíz, y en años anteriores solo con maíz, Área sembrada con Cacao (T3), y una zona testigo considerada como área natural de una Selva (T4) aledaña a las áreas de estudio, la vegetación de la selva es alta. La flora de la selva la componen una amplia variedad de especies de árboles de gran dimensión y de muchos años de existencia de las que destacan por su importancia las siguientes: Cedro (*Cedrela odorata*), Taratana (*Rhus taratana*), Amatillo (*Ficus pertusa*), Capulín jaján (*Parathesis*), Saman (*Samanea saman* (Jacq.) Merr), Guasimo (*Guasuma ulmifolia*), Hule (*Ficus elastica*), Abrojo (*Tribulus terrestris*), entre otros. En la fauna de la selva se encuentran animales como monos aulladores, serpientes, cotorros, loros y una gran diversidad de pájaros.

Para determinar la velocidad de infiltración, en cada área de estudio, se realizaron tres pruebas por tratamiento con una duración de 12 horas por prueba, el método usado fue por el doble cilindro (Barria *et al.*, 2021). Los datos de campo se ajustaron a la ecuación de Kostiakov-Lewis (Delgadillo *et al.*, 2016), que describe el modelo de ajuste de los datos.

$$I = kt^n$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración, cm hr^{-1}

t = Es el tiempo, en min

n y K = Son constantes del modelo, adimensionales,

La infiltración básica se determinó con el tiempo que tardo la prueba de campo con el modelo creado con la ecuación de Kostiakov-Lewis, a los 720 min, y el modelo de ajuste de la lámina acumulada se realizó con la ecuación:

$$Z = \frac{K}{60(n+1)} t^{n+1}$$

Donde:

Z = Lámina acumulada, cm.

t = Es el tiempo, en min.

n y K = Son constantes del modelo, adimensionales,

Los valores de la infiltración básica se obtuvieron a los 720 minutos que es el término de la prueba, con la ecuación de ajuste de Kostiakov. Para comparar la lámina acumulada a partir de la ecuación de Kostiakov-Lewis, se obtuvo un modelo exponencial con los datos de campo. Se compararon las láminas acumuladas de los datos de campo, el modelo ajustado con los datos de campo y con el modelo de Kostiakov.

Análisis estadísticos

Se realizaron regresiones lineales con el modelo de Kostiakov-Lewis, para determinar la velocidad de infiltración y la lámina acumulada, a partir del modelo obtenido con la ecuación de Kostiakov-Lewis se obtuvo el modelo de lámina acumulada. Además, se realizó un análisis de varianza ($p < 0.5$), los análisis estadísticos se analizaron con el programa Statgraphics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos presentaron diferencias estadísticas en todas las variables ($p < 0.05$) (Cuadro 1). Pero en los tratamientos de las áreas con cacao, agrícola y selva, las variables no presentaron diferencias estadísticas, esto posiblemente se debe a que en el periodo en que se llevó acabo el experimento

afecto la humedad presente, debido a que en ese momento iniciaron las lluvias. Sin embargo, de acuerdo al Cuadro 1 se tiene que el tratamiento 1 (potrero) es el que presenta la menor velocidad de infiltración comparado a los demás tratamientos, esto se debe a que el pisoteo de los animales conduce a la disminución de la tasa de infiltración ya que la presencia de vegetación incrementa la infiltración, pudiendo no ejercer acción protectora alguna frente a la densificación de la capa superficial del suelo (Denoia *et al.*, 2000). Además, en otras investigaciones se encontró que en las tierras con pastos en comparación a las cultivadas tienen menor velocidad de infiltración básica (Dionizio y Costa, 2019) que se relaciona con los resultados obtenidos en la investigación. Además, Leyva *et al.*, (2018) indican en sus estudios que el sistema de pasto cultivado, presenta una velocidad de infiltración moderadamente lenta, debido a la alta compactación del suelo producida por el intenso pastoreo, lo que coincide con este investigación.

Cuadro 1. Comparación de medias de la velocidad básica (IB) y la lámina acumulada.

Tratamiento	IB (cm/hr)	Lámina Acumulada datos de campo (cm)	Lámina Acumulada datos Ec de Ajuste de campo (cm)	Lámina Acumulada datos Ec de Kostiakov
(T1) Potrero	0.9488 b	33.2264 b	21.8492 b	23.6707 b
(T2) Agrícola	1.3565 ab	78.0002 ab	68.5368 ab	55.7447 a
(T3) Cacao	1.9275 ab	87.9020 ab	71.2636 ab	64.0713 a
(T4) Selva	1.7252 ab	57.4742 ab	45.0712 ab	39.4341 b

*Letras iguales no presentan diferencia estadística ($p < 0.05$), IB= Infiltración básica.

Por otro lado, las áreas con arbustos, tales como el T3 y T4 (Área con cacao y área de selva, respectivamente) presentaron la velocidad de infiltración mayor, esto se debe a que en las plantaciones con cultivos perenes generan hojarasca que permite la retención del agua porque algunas especies son capaces de generar una importante cantidad de hojarasca, que favorece la retención de agua en el suelo y mejora las condiciones microclimáticas, con lo cual se promueve el mantenimiento de la biodiversidad (Tapia *et al.*, 2020). Aunque hay algunos estudios que indican que bosque de montaña, presentaron la mayor capacidad de almacenaje de agua con tasas lentas de decaimiento (Lozano-Trejo *et al.*, 2020), y en este caso el área con selva no presentó menor velocidad de infiltración básica y acumulada en comparación al área agrícola.

Por otro lado, los resultados muestran que el pastizal presenta la más baja velocidad de infiltración básica en 49.22% menor a la plantación de cacao como se muestran en el Cuadro 1. Las velocidades de infiltración se encuentran en moderada, al estar en el rango de 0.15 - 5 cm hr⁻¹. En cuanto a la lámina acumulada los datos de campo presentan mayores valores con respecto a los obtenidos a partir de la ecuación de Kostiakov-Lewis, y el modelo obtenido con los datos de campo acumulados, siendo menores con el modelo de obtenido a partir de los datos de campo.

En las Figuras 1 y 2 se muestra la tendencia de los modelos presentados en el Cuadro 2, en donde se aprecia, que en el área de cacao y agrícola (T3 y T2, respectivamente) al inicio hay una lámina de agua mayor acumulada con respecto a los otros tratamientos, eso posiblemente se deba a que la vegetación de cacao genera gran cantidad de hojarasca que permite obtener mayor cantidad de materia orgánica, y con respecto al área agrícola, esta se realizó posteriormente a la siembra, lo que afectó que se incrementaría la lámina acumulada al inicio, debido a la preparación del suelo para la siembra.

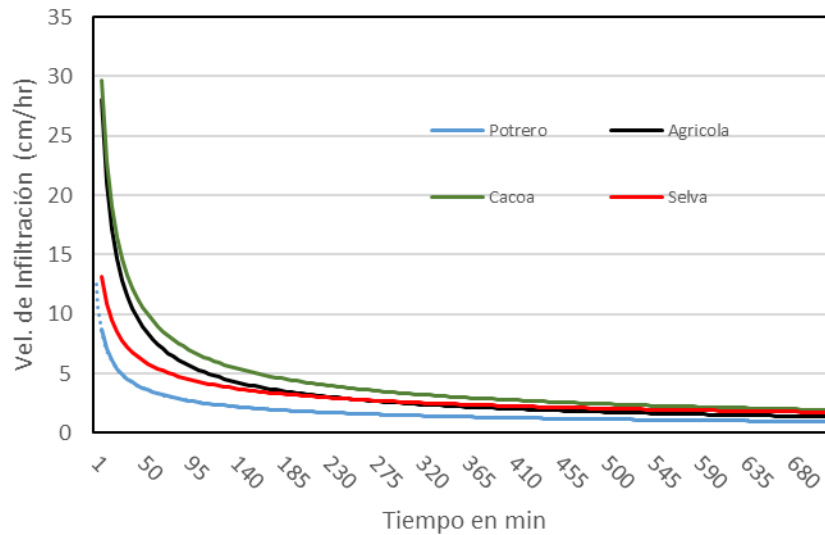
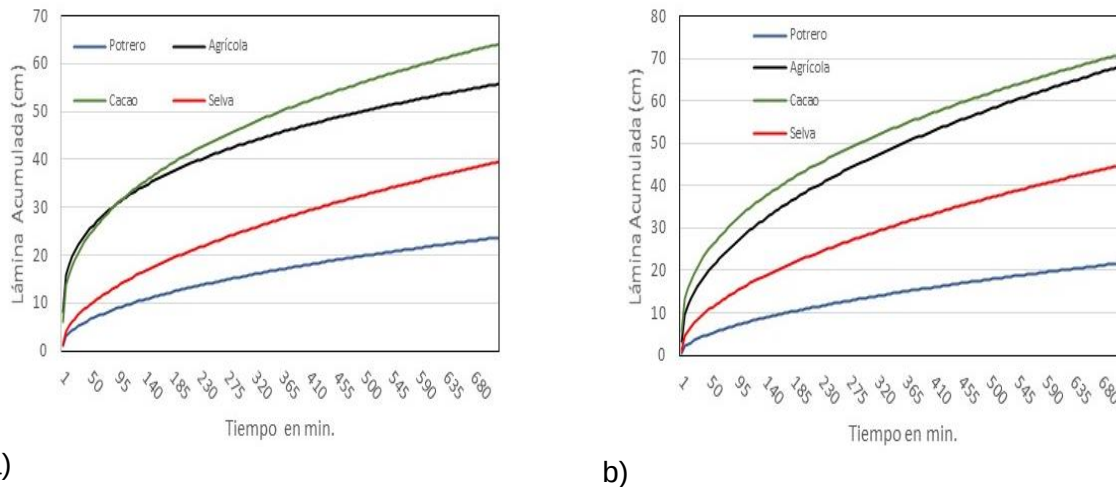


Figura 1. Velocidad de infiltración con la ecuación de Kostiakov-Lewis.



a)

b)

Figura 2. Lámina acumulada: a) a partir de la ecuación de Kostiakov-Lewis y b) modelo con los datos de campo.

Con respecto a la lámina acumulada puede llegar a los 74.41 cm en promedio para el cacao, como se muestra en el Cuadro 1, y Figuras 1, 2 y 3. Por lo que la implementación del cacao puede disminuir el impacto de los escurrimientos por altas precipitaciones, y de este forma abatir los escurrimientos en las zonas bajas que provocan las inundaciones, ya que la capacidad de infiltración está en gran parte controlada por la resistencia de la capa superficial del suelo, a la penetración del agua al comienzo de la precipitación; numerosos datos experimentales, muestran que hay una marcada variación de la capacidad de infiltración para el mismo suelo, con la misma profundidad de penetración, diferentes tipos de cobertura y diferentes tratamientos de la superficie del suelo (Lozano-Trejo *et al.*, 2020).

En el Cuadro 2, se muestran los modelos obtenidos, para cada tratamiento, tanto para la velocidad de infiltración como para la lámina acumulada. Todos los modelos son exponenciales, esto coincide con los modelos obtenidos por Sosa *et al.*, (2018) en el que indica que el modelo de Kostiakov-Lewis se adapta a los datos en campo.

Cuadro 2. Modelos de ajuste de la velocidad básica (IB) y la lámina acumulada.

Tratamiento	IB (cm/hr)	Lámina Acumulada datos Ec. de Kostiakov	Lámina Acumulada datos Ec. de Ajuste de campo
(T1) Potrero	$I = 28.849 t^{-0.519}$	$Z = 0.996188 t^{0.481}$	$Z = 0.5891 t^{0.5492}$
(T2) Agrícola	$I = 143.02 t^{-0.708}$	$Z = 8.163242 t^{0.292}$	$Z = 3.3517 t^{0.4587}$
(T3) Cacao	$I = 129.07 t^{-0.639}$	$Z = 5.9589104 t^{0.361}$	$Z = 5.4514 t^{0.3907}$
(T4) Selva	$I = 39.272 t^{-0.475}$	$Z = 1.2467302 t^{0.525}$	$Z = 1.351 t^{0.5331}$

CONCLUSIONES

Los tipos de cobertura que se presentan en cada agroecosistema afectan la velocidad básica de infiltración del agua y de la lámina acumulada. Siendo los más susceptibles los suelos cubiertos con pastos usados para potreros, que impiden el paso del agua, posiblemente por la compactación del suelo y sistema radicular, y en los suelos donde se encuentra establecido el cacao es el que retiene más agua en comparación de las otras áreas, esto se debe el cacao renueva las hojas y existe hojarasca que por consiguiente hay mayor cantidad de materia orgánica.

LITERATURA CITADA

- Biopasos. 2019. Características de la ganadería bovina del Estado de Chiapas. Biodiversidad y Paisajes Ganaderos Agrosilvopastoriles Sostenibles. https://www.biopasos.com/situacion/carac_chiapas2019.pdf
- Barría H., Uribe H.; Jil P. 2021, Medición de la velocidad de infiltración para riego en praderas. Instituto de investigaciones agropecuarias. No. 271. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/67529/NR42517.pdf?sequence=1>.
- Delgadillo O., Pérez L. 2016. Medición de la infiltración del agua en el suelo. Método de la doble anilla. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Cochabamba, Bolivia. 30 p. 2016_Medicion_infiltracion_doble_anilla.pdf (umss.edu.bo) centroagua.umss.edu.bo/files/shares/serietec/2016_Medicion_infiltracion_doble_anilla.pdf
- Denoia J., Sosa O., Zerpa G., Martín B. 2000. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. Pastos, 30 (1): 129-141. Disponible en: <<http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1278/1282>>. Fecha de acceso: 27 jul. 2021
- Dionizio E.A., Costa M. H. 2019. Influence of Land Use and Land Cover on Hydraulic and Physical Soil Properties at the Cerrado Agricultural Frontier. Agriculture 9, 24. <https://doi.org/10.3390/agriculture9010024>
- García-Hernández M. A., Castellanos-Vargas I., Cano-Santana Z., Peláez-Rocha C. M. 2008. Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. Terra Latinoamericana, 26(1), 21-27. Recuperado en 27 de julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000100003&lng=es&tlng=es.
- Hernández F. F., Alba T. F., Daza T. M. C. 2009. Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del Páramo del Sumapaz. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 8: 29-38.

- INAFED.2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Chiapas. Instituto Nacional para el Federalismos y el Desarrollo Municipal. Inafed.gob.mx. Fecha de consulta 25 de julio de 2021 <http://www.nafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07048a.html>
- INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Fecha de consulta 28 de julio de 2021. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07048.pdf
- Jaramillo-Robledo A., Cháves-Córdoba B. 1999. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) al sol y bajo sombra. *Cenicafé*, 50(2):97-105.
- Leyva R. S. L., Baldoquín P.A., Reyes O.M. 2018. Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Revista de ciencias agrícolas*, 34(1):36-47. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81>
- Lozano-Trejo S., Olazo-Aquino J., Pérez-León M. I., Castañeda-Hidalgo E., Díaz-Zorrilla G. O., Santiago-Martínez G. M. 2020. Infiltración y escurrimiento de agua en suelos de una cuenca en el sur de México. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 57-66. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.443>
- Ortega-Baranda V., Sánchez-Bernal E. I., Sánchez-Aragón L., Luis-Reyna M. de los Á., Ruvalcaba-Gómez G. 2020. Vegetación arbórea de selvas bajas caducifolias en suelos litosoles y regosoles eutricos degradados. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 377-390. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.611>
- SIAP. 2021. Avance de Siembras y Cosechas. Fecha de consulta 20 de julio de 2021. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Soza E., Mené S., Bertoia P. 2018. Dinámica de la infiltración en un pastizal natural: el impacto de la disímil cobertura de suelo alterada por corte mecánico. *Rev. Fac. Agronomía y Cs. Agroalimentarias UM*, 9:65-69. [doc_96af70ca942c11e9ad5808002797af99_o.pdf](https://repositorio.unimoron.edu.ar/doc/96af70ca942c11e9ad5808002797af99_o.pdf) (unimoron.edu.ar)
- Tapia R., Carmona C. J., Martinelli M. 2020. Velocidad de infiltración e infiltración base en dos comunidades arbustivas del desierto hiperárido de San Juan (Argentina). *Ecosistemas* 29(3):2036 [Septiembre-Diciembre 2020. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2036>

PRESENCIA DE GLIFOSATO E IMIDACLOPRID EN ABEJAS MELÍFERAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Ricardo Dzul-Caamal*¹
Erick Misael Rodríguez-Cab¹
Jaime Rendón-vonOsten¹
Ileana Mercedes Canepa-Pérez²
Carolina Flota-Bañuelos³

¹Instituto EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche

²CEDESU, Universidad Autónoma de Campeche

³Colegio de Postgraduados Campus Campeche

ricadzul@uacam.mx

RESUMEN

La composición y biodiversidad florística son componentes importantes de ecosistemas o agroecosistemas que sustentan una mayor diversidad de polinizadores. Sin embargo, la intensificación agrícola, incluidos el aumento del uso de plaguicidas y los cultivos de tierras marginales, puede reducir las poblaciones de abejas melíferas (*Apis mellifera*) y su eficacia para proporcionar servicios ecosistémicos y producción de miel. Este estudio muestra los resultados de un biomonitoreo preliminar de glifosato (GLY) e imidacloprid (IMID) en abejas colectadas de 22 apiarios de la Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) mediante técnicas de ELISA. Se detectaron residuos de GLY e IMID en la mayoría de los apiarios bajo estudio, siendo los apiarios del estado de Campeche, los que presentaron las mayores concentraciones de GLY ($98.0 \pm 118.08 \mu\text{g/g}$), seguidas de los apiarios de Yucatán y Q. Roo. De manera similar los apiarios del estado de Campeche presentaron las mayores concentraciones de IMID ($18.66 \pm 25.71 \mu\text{g/g}$), seguidas de Q. Roo y Yucatán. En cuanto al tipo de sistema de producción apícola, los apiarios convencionales presentaron las mayores concentraciones de GLY ($51.85 \pm 85.45 \mu\text{g/g}$) y de IMID ($17.53 \pm 26.94 \mu\text{g/g}$) en contraste con los sistemas de producción orgánicos. Se requiere realizar más estudios de monitoreos de los apiarios bajo estudio, ya que se podría especular que las abejas recolectoras podrían convertirse en una fuente de entrada constante de néctar con trazas de GLY e IMID que luego podrían distribuirse entre los compañeros de nido, almacenarse en la colmena y tener consecuencias negativas a largo plazo en el rendimiento de la colonia y la calidad de la miel.

Palabras Claves: *Apis mellifera*; Plaguicidas; ELISA

INTRODUCCIÓN

La polinización se ha convertido en un sistema modelo para el estudio de los servicios de ecosistemas tropicales y agroecosistemas, porque las plantas silvestres y los cultivos que representan el 35% del suministro mundial de alimentos requieren polinización mediada por animales (Arena y Sgolastra, 2014).

Entre los diferentes polinizadores, se encuentran las abejas melíferas (silvestres y manejadas), los cuales desempeñan un papel ecológico importante en la conservación de la biodiversidad, proporcionando importantes servicios ecosistémicos de polinización para la mayoría de las especies de plantas silvestres o cultivos. Además, algunas especies como *Apis mellifera*, son económicamente importantes ya que a través de esta especie depende mucho la producción de miel que se comercializa a nivel local, regional y mundial (Blacquièrre *et al.*, 2012). Existen evidencias que las abejas recorren hasta a 9.5 km fuera de la colmena con una distancia media más cercana a 1 km en busca de alimento

y en ocasiones debido a la falta o ausencia de los recursos de floración (Berg *et al.*, 2018). Sin embargo, durante este proceso, la abeja acumula sustancia extraña presente en esos recursos (flores, alimento, agua) visitados a la colmena, como es el caso de los plaguicidas aplicados en zonas agrícolas o urbanas (Berg *et al.*, 2018).

Actualmente en la agricultura comercial, los campos de turísticos, bordes de carreteras y alrededor de casas y jardines, se utilizan 2 compuestos principales para el control de las plagas causados por las malezas y los insectos: 1) El glifosato (GLY), N- (fosfonometil) glicina, el cual es considerado un herbicida pre-emergente y post-emergente de amplio espectro que se aplica para el control de malezas en zonas agrícolas y urbanas, representando el 71.6% de los ingredientes activos comercializados (Benbrook, 2016; Krimsky, 2021). 2) El imidacloprid (IMID), es un insecticida neonicotinoide de amplio uso que ha sustituido a los insecticidas sistémicos tradicionales como los organofosforados y piretroides, debido a su baja toxicidad para vertebrados y la capacidad de ser translocados por plantas (Alkassab y Kirchner, 2016).

Estos plaguicidas al ser aplicados se pulverizan, dispersándose a grandes distancias el compuesto activo del sitio de aplicación (Herbert *et al.*, 2014). Por ello, estos residuos pueden estar presentes en concentraciones "traza" en el polen y el néctar de las plantas e inducir efectos tóxicos como la muerte o subletales como la interrumpir procesos relacionados con la neurotransmisión colinérgica (olfato, aprendizaje y memoria) en las abejas, limitando así a estos polinizadores en la búsqueda de alimento y disminución en el rendimiento de la colonia (Krupke *et al.*, 2015; Williamson y Wright, 2013; Balbuena *et al.*, 2015; Motta *et al.*, 2020).

Hasta la fecha existe poca información sobre la presencia de glifosato en abejas melíferas en la literatura científica internacional [10 artículos con las palabras clave "Glyphosate, residue, bees" y 89 artículos con las palabras claves "imidacloprid, residue, bees" (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>)]. A nivel de efecto, si existe más información relacionados con plaguicidas, abejas, ambiente, toxicología, polinización y agricultura (Blacquièrre *et al.*, 2012). Sin embargo, mucha de esta información son obtenidos a partir de experimentos de laboratorio en condiciones controladas y de semi-campo (Sanchez-Bayo y Goka, 2014; Battisti *et al.*, 2021).

Dado que la mayoría de los sistemas agrícolas y urbanos hace amplio uso de herbicidas e insecticidas, con diferentes niveles de toxicidad para los invertebrados y que las abejas melíferas son un grupo relativamente móvil, los enfoques acumulativos de plaguicidas pueden ser más apropiados y podrían proporcionar una mayor comprensión de los efectos de los plaguicidas. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue determinar la concentración de Glifosato e Imidacloprid en abejas obtenidas en diferentes apiarios de la Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo), mediante un análisis de cuantificación por ELISA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Apiarios y muestreo de abejas

Se realizó la colecta de muestras de *Apis mellifera* directamente de las colmenas en 22 apiarios convencionales y de producción orgánicas de la Península de Yucatán durante una temporada de cosecha de miel en mayo de 2021 (Cuadro 1). Entre los apiarios muestreados, se contempló las cercanas a áreas agrícolas; ganaderas y de producción orgánica. Cada muestra provino de una sola colmena y su ubicación se geoposicionó. Las abejas fueron colectadas en bolsas Ziploc y se mantuvieron en hielo para su transporte al laboratorio de Ecotoxicología del Instituto EPOMEX/UAC, para su congelación a -20°C previo al análisis de plaguicidas.

Cuadro 1. Estados (n=3), apiarios (n=22) de *Apis mellifera* (n=10 abejas/ apiario) y característica de los apiarios estudiados.

ESTADO	APIARIOS	ACTIVIDADES
Campeche	AP1	Agricultura
	AP2	Agricultura
	AP3	Agricultura
	AP4	Agricultura
	AP5	Agricultura
	AP6	Agricultura
Yucatán	AP1	Agricultura
	AP2	Agricultura
	AP3	Turística
	AP4	Ganadería
	AP5	Ganadería
	AP6	Agricultura
	AP7	Ganadería
	AP8	Ganadería
	AP9	Agricultura
	AP1	Agricultura
Quintana Roo	AP2	Agricultura
	AP3	Agricultura
	AP4	Agricultura
	AP5	Ganadería
	AP6	Agricultura
	AP7	Agricultura
	AP8	Agricultura
	AP9	Agricultura
	AP10	Agricultura

Análisis de Glifosato e Imidacloprid por método de ELISA

Las concentraciones de glifosato e imidacloprid fueron analizadas realizando mezcla (pool) de 10 abejas de una sola colmena del apiario. El método de extracción y purificación de las abejas para el análisis de glifosato e imidacloprid se realizó de acuerdo al método propuesto por Douros *et al.* (2015) con ligeras modificaciones. Posteriormente, los extractos se reconstituyeron en agua ultrapura. El análisis de ELISA se realizó utilizando los protocolos del kit Abraxis estandarizada (Rendon von Osten y Dzul Caamal, 2017). Los resultados se expresaron como µg/g.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las preocupaciones sobre los efectos y la acumulación de los plaguicidas en las abejas melíferas han recibido mucha atención en los últimos años, particularmente en el caso de la clase de insecticidas neonicotinoides y el glifosato que son ampliamente utilizados para la protección de los cultivos, y sus impactos sobre los insectos polinizadores y los ecosistemas (Krupke y Long, 2015).

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) son extremadamente vulnerables a la contaminación por plaguicidas, ya que están expuestas a estas sustancias mientras exploran el entorno que rodea la colmena y recolectan polen, néctar y agua de las fuentes disponibles (Bergero *et al.*, 2021). Por lo tanto, estas características hacen que esta especie sea un buen indicador ambiental de la contaminación por estos compuestos (Arena y Sgolastra, 2014).

Los resultados de glifosato e imidacloprid encontrados en las abejas melíferas se presentan en las figuras 1 y 2. Un total de 63% de los 22 apiarios analizados en la presente investigación reportaron la presencia de glifosato (Figura 1) y 59% de los apiarios presentaron concentraciones de imidacloprid (Figura 2).

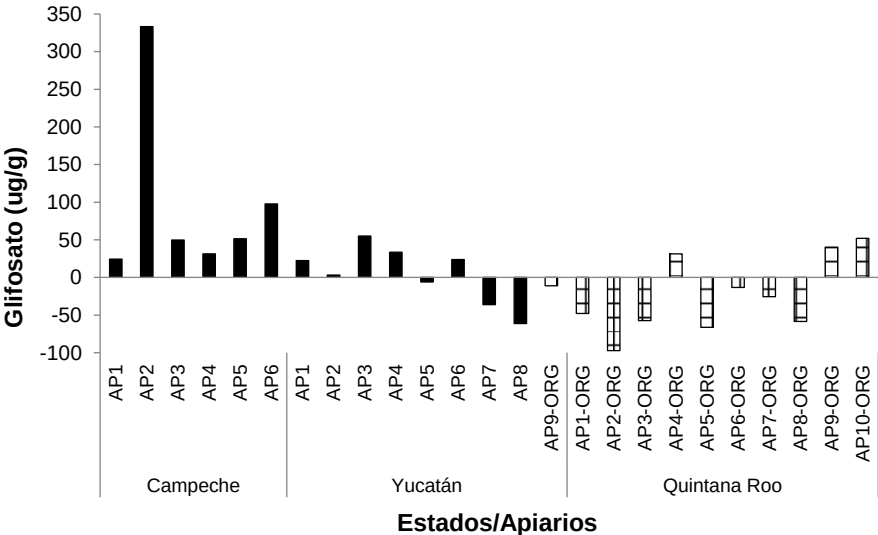


Figura 1. Concentraciones del ingrediente activo glifosato ($\mu\text{g/g}$) cuantificadas en *Apis mellifera* de diferentes Apiarios de la Península de Yucatán. API: apiarios convencionales; API-ORG: apiarios orgánicos.

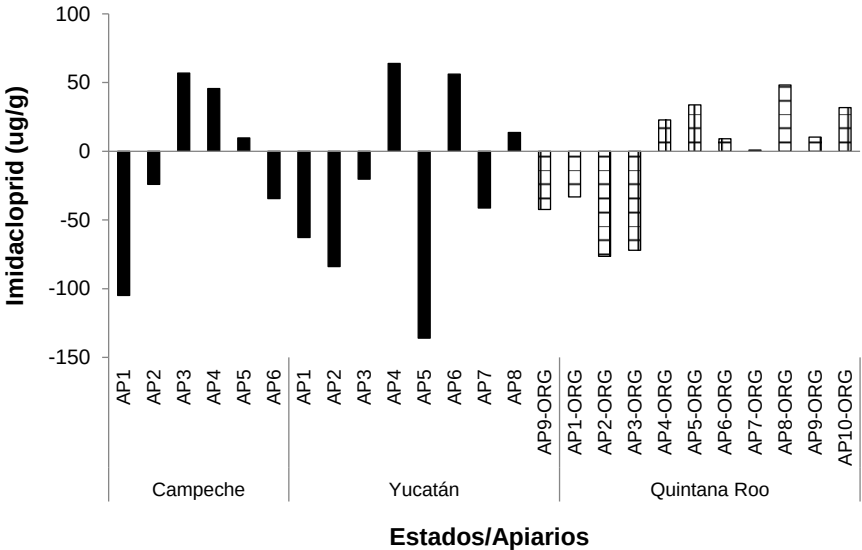


Figura 2. Concentraciones del ingrediente activo imidacloprid ($\mu\text{g/g}$) cuantificadas en *Apis mellifera* de diferentes Apiarios de la Península de Yucatán. API: apiarios convencionales; API-ORG: apiarios orgánicos.

Las mayores concentraciones de glifosato se encontraron en abejas procedentes de apiarios del estado de Campeche ($98.0 \pm 118.08 \mu\text{g/g}$), seguidas de Yucatán ($15.33 \pm 19.75 \mu\text{g/g}$), mientras que las abejas procedentes de apiarios de Quintana Roo presentaron concentraciones bajas ($12.34 \pm 20.47 \mu\text{g/g}$) de glifosato (Fig. 3).

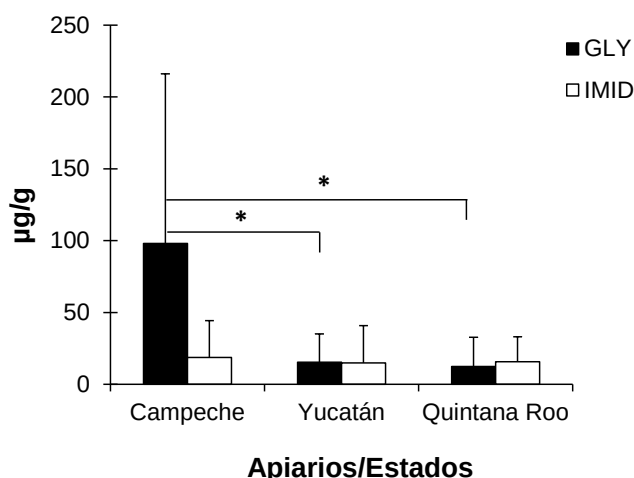


Figura 3. Concentraciones de los ingredientes activos glifosato e imidacloprid ($\mu\text{g/g}$) cuantificadas en abejas de diferentes Apiarios por Estado de la Península de Yucatán.

Para Imidacloprid, las mayores concentraciones se encontraron en los apiarios provenientes del estado de Campeche ($18.66 \pm 25.71 \mu\text{g/g}$), seguidas del estado de Quintana Roo ($15.65 \pm 17.39 \mu\text{g/g}$) y el estado de Yucatán ($14.83 \pm 26.03 \mu\text{g/g}$) (Fig. 3).

De acuerdo a la clasificación por sistemas de producción, los apiarios convencionales presentaron las concentraciones más altas ($51.85 \pm 85.45 \mu\text{g/g}$) de GLY en comparación con los apiarios de producción orgánica ($11.22 \pm 19.77 \mu\text{g/g}$). Estos resultados fueron muy similares a los encontrados para el IMID, en donde las mayores concentraciones se encontraron en los apiarios convencionales ($17.53 \pm 25.56 \mu\text{g/g}$), seguidas de los apiarios de producción orgánica ($14.23 \pm 17.16 \mu\text{g/g}$) (Fig. 4).

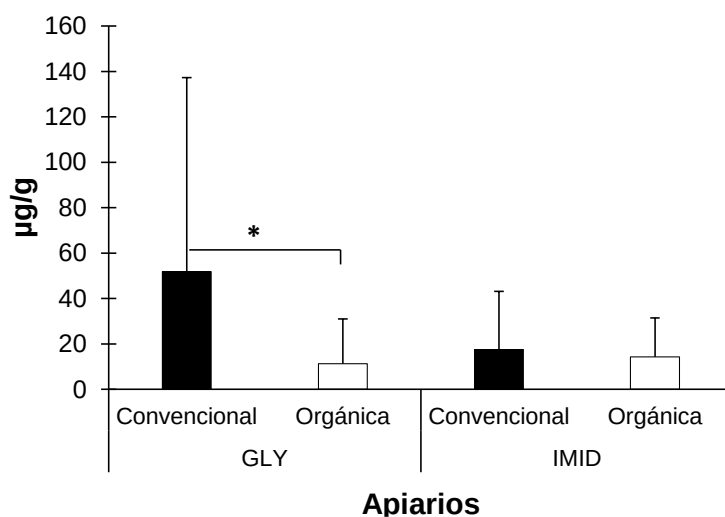


Figura 4. Concentraciones de los ingredientes activos glifosato e imidacloprid ($\mu\text{g/g}$) cuantificadas en *Apis mellifera* de acuerdo con el tipo de sistemas de producción apícola en la Península de Yucatán.

Durante el muestreo no se observaron mortalidad, ni alguna anomalía en las abejas melíferas frente a las colmenas estudiadas. Pero si se encontraron concentraciones de ambos plaguicidas (herbicida e insecticida) evaluados. Estos residuos de plaguicidas en las abejas pudieron ser acumulados de manera directa durante su alimentación. Esto puede deberse a la deposición de suelo contaminado o al polvo de la plantación sobre abejas, plantas o ambos. Sin embargo, muchas plantas cultivadas provienen de semillas tratadas con neonicotinoides pueden transportarse en el polen o el néctar, lo que podría considerarse como otros riesgos de exposición para las abejas melíferas a través de sus recursos alimenticios (Pohorecka *et al.*, 2012). Inclusive, algunos estudios informaron recientemente presencia de residuos de neonicotinoides en aguas superficiales, que podría considerarse otra posible vía de exposición oral para las abejas (Alkassab y Kirchner, 2016). Sin embargo, esto es gran preocupación porque estos compuestos pueden distribuirse en otros compartimentos de la colmena e incluso acumularse en la miel (Rubio *et al.*, 2014). Es importante recalcar, que a pesar de que no se encontró mortalidad, la presencia de residuos de estos plaguicidas a concentraciones bajas, pueden inducir efectos subletales en las abejas melíferas.

Las técnicas de ELISA demuestran ser una herramienta ampliamente utilizadas en los estudios de monitoreo de plaguicidas en diferentes matrices como agua (Rendon von Osten y Dzul Caamal, 2017). Rubio *et al.* (2014) reportaron concentraciones de glifosato en la miel y otros alimentos comunes mediante esta técnica de ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA). Eisenback *et al.* (2009), utilizaron esta prueba de ELISA para cuantificar imidacloprid en plantas, como las coníferas cicuta oriental [*Tsuga canadensis* (L.) Carrière] en el este de los Estados Unidos. A pesar de la presencia de ambos plaguicidas en las abejas melíferas muestreadas en nuestro estudio. Estas concentraciones fueron bajas, comparadas con los reportadas por otros investigadores en Europa. Chauzat *et al.* (2011) encontraron imidacloprid en el 11,2% de las muestras de abejas melíferas, en concentraciones de 0.9 µg/kg. Inclusive, estos autores reportaron que el metabolito (ácido 6-cloronicotínico) del imidacloprid se puede detectar en concentraciones más altas. Sin embargo, es importante continuar con un estudio de monitoreo en abejas melíferas, ya que la presencia de estos compuestos puede repercutir en el estado de salud de estos insectos (Bergero *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

Si bien, aunque se encontraron concentraciones bajas de glifosato e imidacloprid en las abejas muestreadas comparadas con otros países, es importante resaltar que, con solo la presencia de estos compuestos a bajas concentraciones, podría representar un peligro de salud para las abejas, sin importar su bioacumulación. El glifosato, aunque es considerado un herbicida no tan tóxico para las abejas puede afectar el sistema inmune y la microbiota intestinal de las abejas. Mientras que el imidacloprid se ha documentado que en bajas dosis es muy neurotóxico para las abejas, causándoles mortalidad. Además, se podría considerar que, con solo la presencia de estos compuestos en la abeja, puede aumentar el riesgo ya que pueden actuar sinérgicamente, amplificando los efectos adversos, inclusive acumularse en la miel e inducir un riesgo al humano por el consumo de este producto. Por lo tanto, se recomienda más investigaciones de monitoreo en *Apis mellifera*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) bajo el proyecto de Ciencia de Frontera 2019 “Monitoreo de plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos en abejas (*Apis mellifera*) y miel, procedentes de zonas de cultivos de la península de Yucatán y su aplicación en el manejo sostenible y la trazabilidad de la miel”. FORDECYT-PRONACES/ 139025/2020.

LITERATURA CITADA

- Alkassab, A.T., and Kirchner, W.H. 2016. Impacts of chronic sublethal exposure to clothianidin on winter honeybees. *Ecotoxicology*. 25(5), 1000-10.
- Arena, M., and Sgolastra, F. 2014. A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*. 23, 324–334.
- Balbuena, M.S., Tison, L., Hahn, M-L., Greggers, U., Menzel, R. and Farina, W.M. 2015. Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *J. Exp. Biol.* 218, 2799–2805.
- Battisti, L.; Potrich, M.; Sampaio, A.R.; de Castilhos Ghisi, N.; Costa-Maia, F.M.; Abati, R.; Bueno dos Reis Martinez, C., and Helena, S.H. 2021. Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review. *Sci. Total Environ.* 767, 145397.
- Benbrook, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environ. Sci. Eur.* 28, 1–15.
- Berg, C.J., King, H.P., Delenstarr, G., Kumar, R., Rubio, F., and Glaze T. 2018. Glyphosate residue concentrations in honey attributed through geospatial analysis to proximity of large-scale agriculture and transfer off-site by bees. *PLoS ONE*. 13(7), e0198876.
- Bergero, M., Bosco, L., Giacomelli, A., Angelozzi, G., Perugini, M., and Merola, C. 2021. Agrochemical Contamination of Honey and Bee Bread Collected in the Piedmont Region, Italy. *Environments*. 8, 62.
- Blacqui re, T., Smagghe, G., van Gestel, C.A.M., and Mommaerts, V. 2012. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*. 21, 973–992.
- Chauzat, M.P., Martel, A.C., Cougoule, N., Porta, P., Lachaize, J., Zeggane, S., Aubert, M., Carpentier, P., and Faucon, J.P. 2011. An assessment of honeybee colony matrices, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to monitor pesticide presence in continental France. *Environ. Toxicol. Chem.* 30(1), 103-11.
- Douros, D.L., Gaines, K.F., and Novak, J.M. 2015. Atrazine and glyphosate dynamics in a lotic ecosystem: the common snapping turtle as a sentinel species. *Environ. Monit. Assess.* 187(3), 114.
- Eisenback, B.M., Mullins, D.E., Salom, S.M., and Kok, L.T. 2009. Evaluation of ELISA for imidacloprid detection in eastern hemlock (*Tsuga canadensis*) wood and needle tissues. *Pest. Manag. Sci.* 65(2), 122-8.
- Herbert, L.T., Vázquez, D.E., Arenas, A., and Farina, W.M. 2014. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behaviour. *The Journal of Experimental Biology*. 217, 3457-3464.
- Krimsky, S. 2021. Can Glyphosate-Based Herbicides Contribute to Sustainable Agriculture?. *Sustainability* 13(4), 2337.
- Krupke, C.H. and Long, E.Y. 2015. Intersections between neonicotinoid seed treatments and honey bees. *Current Opinion in Insect Science*. 10, 8–13.
- Motta, E.V.S., Mak, M., De Jong, T.K., Powell, J.E., O'Donnell, A., Suhr, K.J., Riddington, I.M., Moran, N.A. 2020. Oral or topical exposure to glyphosate in herbicide formulation impacts the gutmicrobiota and survival rates of honey bees. *Appl. Environ. Microbiol.* 86, e01150-20.

- Pohorecka, K., Skubida, P., Miszczak, A., Semkiw, P., Sikorski, P., Zagibałło, K., Teper, D., Kołowski, Z., Skubida, M., Zdańska, D., and Bober, A. 2012. Residues of neonicotinoid insecticides in bee collected plant materials from oilseed rape crops and their effect on bee colonies. *Journal of Apicultural Science*. 56 (2), 115-133.
- Rendon-von Osten, J., and Dzul-Caamal, R. 2017. Glyphosate Residues in Groundwater, Drinking Water and Urine of Subsistence Farmers from Intensive Agriculture Localities: A Survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 14(6), 595.
- Rubio, F., Guo, E., and Kamp, L. 2014. Survey of glyphosate residues in honey, corn and soy products. *J. Environ. Anal. Toxicol.* 5, 1–8.
- Sanchez-Bayo, F., and Goka, K. 2014. Pesticide Residues and Bees – A Risk Assessment. *PLoS ONE*. 9(4), e94482.
- Williamson, S.M., and Wright, G.A. 2013. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. *J. Exp. Biol.* 216, 1799–1807.

CONTENIDO DE CARBONO EN SUELO Y RAÍCES DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS

José Noé Lerma-Molina¹
Francisco Javier Marroquín-Agreda¹
Ernesto Toledo-Toledo¹
Juan Manuel Garza-Hernández¹
Mayra Martínez-Solís¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas, UNACH
josenoelm@prodigy.net.mx

RESUMEN

El cambio climático inducido por las actividades humanas, es un problema mundial que afecta de forma negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen el planeta, provocado principalmente por los gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono (CO₂). En cuanto a los contenidos de carbono atmosférico, éstos se han incrementado principalmente por dos actividades humanas: el cambio de uso de la tierra y los combustibles fósiles. En este estudio se determinó el almacenamiento de carbono orgánico en suelo y raíces de *Elaeis guineensis* Jacq en tres diferentes zonas productoras en el Soconusco, Chiapas. Para ello, se seleccionaron tres sitios productores de palma de aceite. Se tomaron muestras de suelo para la obtención de biomasa radical y de suelo a cinco profundidades: 0-0.2 m, 0.2-0.4 m, 0.4-0.6 m, 0.6-0.8 m y 0.8-1.0 m. Para el análisis de carbono presente en el suelo y raíces se utilizó el método de Walkley y Black modificado, usando una solución patrón de sacarosa, para obtener la curva de calibración se midió la absorbancia a 590 nanómetros (nm) con el espectrofotómetro Metash UV-6000. Los resultados mostraron que en todas las muestras analizadas el contenido de carbono en los primeros 20 cm de suelo fue mayor con respecto a las profundidades subsecuentes, sobresaliendo el sitio "Xochicalco" de Villa Comaltitlan con 39.40 tha⁻¹. Asimismo, el contenido de carbono en raíces menores a 2 mm de diámetro, del sitio "El Arenal" de Acapetahua sobresalió con 993.02 kgha⁻¹ en la profundidad de 0-20 cm, mientras que en las raíces de 2-5 mm de diámetro sobresalió el sitio "Plan de Ayala" de Huehuetan, con 470.05 kgha⁻¹ en la profundidad de 1.0 m, y en las raíces mayores a 5 mm de diámetro sobresalió el sitio de "Xochicalco" de Villa Comaltitlan con 866.56 kgh⁻¹ en la profundidad de 20-40 cm. Estos resultados reflejan que la acumulación de carbono tanto en suelo como en raíces del área de goteo de la palma de aceite según la textura, fertilidad y profundidad del suelo, demuestran que la cantidad de carbono orgánico presente en suelo y raíces es diferente en las zonas productoras de palma aceite en la Región Soconusco del estado de Chiapas.

Palabras clave: Cambio climático, rizosfera, Stock de carbono, área de goteo

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es provocado principalmente por los gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono (CO₂). En cuanto a los contenidos de carbono atmosférico, éstos se han incrementado principalmente por dos actividades humanas: el cambio de uso de la tierra y los combustibles fósiles, (Ibrahim, *et al*, 2007). Una de las formas de reducir las emisiones y los efectos generados por el CO₂, es capturarlo y mantenerlo en la biomasa y en el suelo, elementos principales para determinar la cantidad de carbono almacenado por las plantas. En México, Chiapas sigue siendo el principal estado productor de Palma de Aceite, con más de 45 mil ha cultivadas (SIAP, 2014). La palma de aceite cuenta con un alto potencial de captura de carbono y alta productividad

económica; bastaría un cambio de actitud para pasar de ser un monocultivo a ser considerado como un sistema agroforestal y capitalizar en términos económicos y ecológicos la captura de carbono. El mercado de captura de carbono es un mercado internacional, potencialmente también puede localizarse dentro del país. En él participan una parte compradora, generalmente un país desarrollado, y una parte vendedora, comúnmente un país en desarrollo, mismo que ofrece captura adicional de carbono (aditividad de los proyectos).

Lo anterior implica que los depósitos de carbono tengan algún valor, ya que tal valor existe; sin embargo, regularmente se negocian aditividades (Torres y Guevara, 2002). El mercado de carbono capturado en bosques y selvas se define en dólares por tonelada de carbono capturado. El valor económico de cada tonelada de carbono depende de los costos marginales del cambio climático, mismos que son muy difíciles de estimar dado que esto requiere una enorme cantidad de proyecciones y supuestos. Empresas consultoras sobre el tema normalmente usan un estándar de US\$10 /t de C. Dada la dificultad de estimar el valor de cada unidad de carbono por el lado de la demanda, su valor se ha establecido de varias formas, generalmente a través de los costos asociados al desarrollo de los proyectos. Montoya *et al.* (1995) estimaron que los costos de los proyectos de captura de carbono para el sur de México varían entre US\$3-11/t de C. Lo anterior indica que existirá un rango muy grande en el valor de cada unidad de carbono capturado, por lo que deberá existir algún tipo de discriminación, probablemente a través del nivel de riesgo de los proyectos, de la reputación de los países y de la calidad en el monitoreo de los proyectos, entre otras variables (Torres y Guevara, 2002). Adoptar patrones de desarrollo sostenible puede contribuir considerablemente a mitigar el cambio climático. Las políticas que favorecen tanto la mitigación del cambio climático como el desarrollo sostenible incluyen aquellas relacionadas con la eficiencia energética, las energías renovables o la conservación de los hábitats naturales. En general, el desarrollo sostenible puede aumentar la capacidad de adaptación y de mitigación, reduciendo, a la vez, la vulnerabilidad frente a los impactos derivados del cambio climático (IPCC, 2007).

En atención a lo descrito y con el interés de conocer los aportes de carbono por parte de la palma de aceite, se llevó a cabo la presente investigación para obtener datos cuantitativos de carbono capturado en el suelo y las raíces de la planta a diferentes profundidades del perfil del área de goteo, en diferentes plantaciones de palma de aceite en el Soconusco, Chiapas, por ser un cultivo en constante ampliación de la superficie sembrada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el estado de Chiapas, en la región Soconusco, durante el período de enero a diciembre de 2017, en los municipios de Huehuetan, Villa Comaltitlan y Acapetahua, considerados como los de mayor producción de palma de aceite. El clima del Soconusco no es muy variable, predomina el cálido húmedo en toda la superficie, con temperaturas de 22 a 32°C, la precipitación pluvial oscila entre 2000 a 2500 mm anuales. Se encuentran suelos variados, predominando los luvisoles y regosoles, con texturas francas y franco-arenosas, de topografía plana y ligeramente inclinada (CEIEG, 2015). De estos municipios, se identificaron cinco sitios en cada municipio, con plantaciones de palma de aceite entre 8 a 12 años de edad. Se seleccionaron cinco plantas a muestrear por cada municipio, una por cada sitio de muestreo. Para la toma de muestras se abrió un perfil de suelo sobre el área de goteo a una profundidad de 100 cm, del cual se obtuvo la información de suelo y raíces para la determinación del carbono presente en cada parte muestreada.

Para el estudio de suelo y raíces se abrió una trinchera de 0.9 m de ancho por un metro de profundidad y cuatro metros de largo, con estacas pequeñas e hilo de cáñamo se dividió el área de muestreo en forma matricial de acuerdo a cada profundidad de 0-0.2 m, 0.2-0.4 m, 0.4-0.6 m, 0.6-0.8 m y 0.8-1.0 m,

cubriendo una pared del perfil de 4.0 m². Se extrajeron cinco muestras rectangulares de 0.1 m de ancho por 0.2 m de profundidad y 4.0 m de largo, correspondientes a cada profundidad, las cuales se encontraban en uno de los lados del perfil. Posteriormente, las muestras se depositaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas, para ser procesadas y analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelo de la Facultad.

Para la determinación de carbono, las muestras de suelo se secaron a temperatura ambiente por 24 horas, posteriormente se disgregaron y tamizaron con malla de 1 mm para separar las raíces, lavarlas y quitarles el suelo adherido. Luego las raíces se dejaron reposar por 12 horas a temperatura ambiente en papel estraza. Las muestras de raíces de cada profundidad fueron separadas por diámetro: > 5 mm, 2 a 5 mm y < 2 mm. Estas se depositaron en bolsas de polipapel para su secado a 60°C por 48 horas en una estufa de tiro forzado. Con la ayuda de una balanza analítica se obtuvieron los pesos secos y se procedió a la molienda de las muestras con un molino Willey Mil para su análisis de carbono correspondiente. Para el análisis de la biomasa radical se pesaron las raíces encontradas en cada muestra de cada profundidad, clasificadas éstas de acuerdo a las medidas descritas, (< 2, de 2 a 5 y > 5 mm), determinándose el carbono orgánico empleando el método de combustión húmeda de Walkley y Black (1934) modificado (Schlichting *et al.*, 1995), y cuantificando el carbono tanto de biomasa radical como de suelo a las diferentes profundidades muestreadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en los municipios del Soconusco, Chiapas, se calculó la biomasa radical, cantidad y porcentaje de carbono almacenado en cinco profundidades del perfil del suelo, en los quince sitios de muestreo de los tres agroecosistemas como se muestra en el Cuadro 1. La mayor cantidad de biomasa, según se observa en el Cuadro 1, se encuentra en las raíces menores a dos milímetros a una profundidad de 0-20 centímetros, donde se encontró 17.53 kg ha⁻¹ en el sitio “El Arenal” en Acapetahua, mientras que la menor cantidad de biomasa, con 0.35 kg ha⁻¹ se encontró en el sitio “Plan de Ayala” del municipio de Huehuetan en la profundidad de 60-80 cm en raíces menores a 2 mm. Sin embargo, la mayor cantidad de carbono capturado en raíces de los tres tamaños muestreados fue en el sitio “El Arenal” del municipio de Acapetahua con 30.71kg ha⁻¹ en la profundidad de 20-40 cm, seguido del sitio “Xochicalco” del municipio de Villa Comaltitlan, en la misma profundidad de 20-40 cm, con 21.07 kg ha⁻¹. Esto pone en evidencia que la mayor cantidad de raíces absorbentes se encuentran en la parte superficial. Dichas raíces absorbentes tienen en su exterior “tricoblastos”, que son las estructuras encargadas de la absorción de nutrientes y del agua del suelo por parte de la planta y por consiguiente se encuentran cerca de la superficie, donde la materia orgánica está en descomposición y los nutrientes y el agua disponibles.

Cuadro 1. Biomasa radical de la palma de aceite según distintas profundidades en tres agroecosistemas del Soconusco, Chiapas.

Municipio	Sitio de muestreo	Profundidad (m)	Biomasa radical (kg ha ⁻¹)			
			<2 mm	2-5 mm	>5 mm	Total
Acapetahua	El Arenal	0.2	17.53	2.36	1.73	21.63
Acapetahua	El Arenal	0.4	13.43	3.72	13.56	30.71
Acapetahua	El Arenal	0.6	4.07	2.59	12.15	18.81
Acapetahua	El Arenal	0.8	0.68	1.55	1.85	4.07
Acapetahua	El Arenal	1.0	0.89	1.43	0.77	3.09
Huehuetán	Plan de Ayala	0.2	11.88	1.41	0.99	14.28
Huehuetán	Plan de Ayala	0.4	2.89	0.84	2.29	6.02

Continúa Cuadro 1...

Huehuetán	Plan de Ayala	0.6	1.63	0.90	7.33	9.86
Huehuetán	Plan de Ayala	0.8	0.35	0.94	7.72	9.01
Huehuetán	Plan de Ayala	1.0	1.17	9.97	3.63	14.77
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.2	13.51	1.71	4.72	19.94
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.4	4.49	1.67	14.92	21.07
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.6	2.11	1.08	3.62	6.81
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.8	1.46	0.89	1.86	4.21
Villa Comaltitlán	Xochicalco	1.0	0.87	0.40	1.37	2.64

El mayor porcentaje de carbono en la parte radical, según se observa en el Cuadro 2, se encuentra en las raíces menores a dos milímetros a una profundidad de 60 a 80 cm, donde se encontró 48.55%, en el sitio “Xochicalco” de Villa Comaltitlán. Mientras que el menor porcentaje fue de 32.99% y se encontró en el sitio “Plan de Ayala” del municipio de Huehuetan, en la profundidad de 0.80 a 100 cm, en raíces de 2 a 5 mm. El promedio de porcentaje de carbono de la palma de aceite en el Soconusco, Chiapas es de 41.05%.

Cuadro 2. Porcentaje de carbono en raíces de palma de aceite en distintas profundidades del perfil de suelo en tres agroecosistemas del Soconusco, Chiapas.

Municipio	Sitio de muestreo	Profundidad (m)	Porcentaje de C en raíz (%)		
			<2 mm	2-5 mm	>5 mm
Acapetahua	El Arenal	0.2	39.61	40.15	37.40
Acapetahua	El Arenal	0.4	40.52	40.24	40.24
Acapetahua	El Arenal	0.6	43.98	36.69	40.92
Acapetahua	El Arenal	0.8	34.26	37.85	38.94
Acapetahua	El Arenal	1.0	39.88	37.04	36.01
Huehuetán	Plan de Ayala	0.2	43.59	43.13	39.70
Huehuetán	Plan de Ayala	0.4	38.31	37.94	40.92
Huehuetán	Plan de Ayala	0.6	39.88	44.27	42.15
Huehuetán	Plan de Ayala	0.8	45.03	40.42	46.42
Huehuetán	Plan de Ayala	1.0	36.10	32.99	41.69
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.2	37.41	36.31	41.96
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.4	42.94	41.01	40.63
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.6	40.78	42.58	41.94
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.8	48.55	40.81	41.15
Villa Comaltitlán	Xochicalco	1.0	47.26	43.36	45.64

La mayor cantidad de carbono, según se observa en el Cuadro 3, se encontró en las raíces menores a 2mm a una profundidad de 0 a 20 cm, donde se encontró 993.02 kg de C ha⁻¹ en el sitio “El Arenal” de Acapetahua, mientras que la menor cantidad de C fue de 24.93 kg ha⁻¹ y se encontró en el sitio “Xochicalco” de Villa Comaltitlan en raíces de 2 a 5 mm y a una profundidad de un metro. Etchevers *et al.* (2001) encontraron cifras de 14.42 t C ha⁻¹ en raíces de bosques de encinos, 6.07 t C ha⁻¹ en praderas, 1.03 t C ha⁻¹ en barreras vivas, 1.94 t C ha⁻¹ en raíces de suelos con labranza convencional y de conservación, 7.78 t C ha⁻¹ en acahuales y 4 t C ha⁻¹ en raíces de café, en Oaxaca, México. Esto indica que la palma de aceite es similar en captura de carbono a las raíces de barreras vivas, pero inferior a los acahuales y a los bosques de encinos y suelos de praderas de sistemas naturales, ya que

en promedio almacena 0.72 t C ha⁻¹ en sus raíces, según los datos obtenidos en los sitios de muestreo del Soconusco, Chiapas.

Cuadro 3. Contenido de carbono en raíces de palma de aceite en distintas profundidades del perfil de suelo en tres agroecosistemas del Soconusco, Chiapas.

Municipio	Sitio de muestreo	Profundidad (m)	Contenido de C en raíz (kg ha ⁻¹)		
			<2 mm	2-5 mm	>5 mm
Acapetahua	El Arenal	0.2	993.02	135.64	92.75
Acapetahua	El Arenal	0.4	778.43	214.06	780.32
Acapetahua	El Arenal	0.6	256.09	135.84	710.98
Acapetahua	El Arenal	0.8	33.25	83.65	102.87
Acapetahua	El Arenal	1.0	50.88	75.88	39.47
Huehuetán	Plan de Ayala	0.2	740.27	86.80	56.36
Huehuetán	Plan de Ayala	0.4	158.33	45.68	133.81
Huehuetán	Plan de Ayala	0.6	93.16	57.28	441.57
Huehuetán	Plan de Ayala	0.8	22.66	54.48	512.18
Huehuetán	Plan de Ayala	1.0	60.32	470.05	216.50
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.2	722.72	88.75	283.51
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.4	275.45	98.03	866.56
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.6	123.10	65.81	217.07
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.8	101.21	52.07	109.44
Villa Comaltitlán	Xochicalco	1.0	58.60	24.93	89.39

El mayor porcentaje de carbono en el suelo, según se observa en el Cuadro 4, se encuentra a una profundidad de 0 a 20 centímetros con 2.47%, en el sitio Xochicalco del municipio de Villa Comaltitlán, mientras que el menor porcentaje fue de 0.01% y se encontró en el sitio “Plan de Ayala” en Huehuetán, a una profundidad de un metro. Segura *et al.* (2005), mencionan que los suelos de México presentan contenidos de C que varían de 0.006 a 16.40% en el horizonte superficial (0 a 20 cm de profundidad), lo que es relativamente superior a lo encontrado en la presente investigación, donde se obtuvo 0.89% de C en el perfil de suelo del área de goteo de la palma de aceite.

Cuadro 4. Porcentaje de carbono en el suelo del área de goteo de la palma de aceite en distintas profundidades del perfil, en tres agroecosistemas del Soconusco, Chiapas.

Municipio	Sitio de muestreo	Profundidad	Carbono
		(m)	(%)
Acapetahua	El Arenal	0.2	1.31
Acapetahua	El Arenal	0.4	1.78
Acapetahua	El Arenal	0.6	0.97
Acapetahua	El Arenal	0.8	0.37
Acapetahua	El Arenal	1.0	0.31
Huehuetán	Plan de Ayala	0.2	2.01
Huehuetán	Plan de Ayala	0.4	0.66
Huehuetán	Plan de Ayala	0.6	0.24
Huehuetán	Plan de Ayala	0.8	0.23

Continúa Cuadro 4...

Huehuetán	Plan de Ayala	1.0	0.01
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.2	2.47
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.4	1.57
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.6	0.51
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.8	0.49
Villa Comaltitlán	Xochicalco	1.0	0.33

La mayor cantidad de carbono, según se observa en el Cuadro 5, se encuentra a una profundidad de 0 a 20 centímetros, en el sitio “Xochicalco” de Villa Comaltitlán con 39.4 t C ha⁻¹. Mientras que la menor cantidad fue de 0.24 t C ha⁻¹ y se encontró en el sitio “Plan de Ayala” de Huehuetán a una profundidad de un metro. Esto pone en evidencia que en la parte superficial es donde se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica derivado de la descomposición de residuos orgánicos, por lo tanto, a mayor profundidad menor cantidad de carbono. Los datos obtenidos en la presente investigación revelan que, en el Soconusco, Chiapas, hay mayor almacenamiento de carbono en el suelo cultivado con palma de aceite en comparación a lo reportado por (Caleb *et al.* 2015), quienes encontraron que la palma de aceite almacena únicamente 33.2 t ha⁻¹ en el suelo a una profundidad de 0-20 cm en Knust, Ghana. Por su parte (Cañari y Panduro 2014) encontraron que en el suelo de plantaciones de palma de aceite de 10 años de edad almacena 43.66 t C ha⁻¹, a dos profundidades de muestreo: 0-15 cm y 15-30 cm, siendo una cifra ligeramente superior a lo encontrado en los agroecosistemas del Soconusco, Chiapas, sin embargo, existen otras investigaciones donde se revela lo contrario. (Leblanc *et al.* 2006), por ejemplo, encontraron que, en el suelo de la palma de aceite de 7 años de edad en Costa Rica, se almacena la mayor cantidad de carbono respecto a la biomasa aérea, con cifras que van desde 73.34 t C ha⁻¹ a los 103.35 t C ha⁻¹ en perfiles de 0-30 cm y 0-50 cm de profundidad respectivamente. Por otro lado (Kanninen (2000), describe que el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en un estado inicial es de 8.9 t C ha⁻¹, y a los 9 años de 24.1 t C ha⁻¹, por lo que la palma de aceite en el soconusco supera estas cifras a los 12 años de haberse establecido.

Cuadro 5. Contenido de carbono en el suelo del área de goteo de la palma de aceite en distintas profundidades del perfil, en los tres sitios del Soconusco, Chiapas.

Municipio	Localidad	Profundidad	Carbono
		(m)	(t ha ⁻¹)
Acapetahua	El Arenal	0.2	23.47
Acapetahua	El Arenal	0.4	29.81
Acapetahua	El Arenal	0.6	19.33
Acapetahua	El Arenal	0.8	7.87
Acapetahua	El Arenal	1.0	6.50
Huehuetán	Plan de Ayala	0.2	36.10
Huehuetán	Plan de Ayala	0.4	14.39
Huehuetán	Plan de Ayala	0.6	5.05
Huehuetán	Plan de Ayala	0.8	4.66
Huehuetán	Plan de Ayala	1.0	0.24
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.2	39.40
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.4	28.98
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.6	10.53
Villa Comaltitlán	Xochicalco	0.8	9.53
Villa Comaltitlán	Xochicalco	1.0	6.53

Sin embargo, en otra investigación realizada por (Schroeder, 1994), se puede observar que la palma de aceite almacena una cantidad similar de carbono que los sistemas agroforestales en las áreas tropicales, ya que se puede obtener un almacenamiento de 21 a 50 t C ha⁻¹ en zonas subhúmedas y húmedas respectivamente. Por otro lado, la palma de aceite no supera a los bosques en términos de almacenamiento de carbono, tal como lo indica (Etchevers 2001), quien determinó que en suelos de bosques de 15 años se almacena alrededor de 240 t C ha⁻¹, así mismo, en bosques tropicales cerca de Manaos (Brasil), se determinó que el depósito de carbono en el suelo es de 162 t C ha⁻¹ (IPCC, 2000), mientras que (Catriona, 1998), manifiesta que en los bosques tropicales, los sumideros de carbono en el suelo varían entre 60 y 115 t C ha⁻¹, muy superior a los suelos de palma de aceite del Soconusco, Chiapas, México.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los cálculos aplicados en esta investigación, se concluye que: La cantidad de carbono orgánico encontrado en los distintos sitios de muestreo difieren debido a las condiciones edafoclimáticas tanto en el suelo como en las raíces. La mayor cantidad de carbono orgánico en suelo y raíces se encontró en las zonas productoras de palma aceite del sitio Xochicalco del municipio de Villa Comaltitlán y Plan de Ayala del municipio de Huehuetán de la región Soconusco, del estado Chiapas con 39.40 t ha⁻¹ y 36.10 t ha⁻¹ respectivamente. En palma de aceite del Soconusco, Chiapas, la mayor cantidad de biomasa y carbono se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad y en mayor proporción las raíces menores a 2 mm, por lo que a medida que aumenta la profundidad disminuye la cantidad de raíces encontradas.

El almacenamiento de carbono se da en mayor proporción en el suelo que en la biomasa radicular de la palma de aceite. La palma de aceite representa un importante potencial de captura de carbono en suelos y raíces, por el abundante sistema radical superficial que presenta esta planta en el primer horizonte del suelo, por lo que, a pesar de ser un monocultivo en el Soconusco, Chiapas, puede incidir en la mitigación del cambio climático.

LITERATURA CITADA

- Caleb, M., M. Bonsu, V. Logah, C. Quansah, T. Adjei-Gyapong, I. Boateng, Y., H. Oppong, T. and A. Abubakari. 2015. Carbon sequestration in soils under different land use systems and its impact on climate change. *Applied Research Journal* 1(3):164-168.
- Cañari, A. y G. Panduro. 2014. Fijación y almacenamiento de carbono en plantaciones de palma aceitera en el eje de la carretera Neshuya- Curimaná, provincia de Padre Abad, región Ucayali. *TZHOECOEN* 6(2).
- Catriona, P. 1998. *Actualidad Forestal Tropical. Organización de maderas tropicales para fomentar la conservación y el manejo sostenible de los recursos forestales tropicales en la región de América Latina y El Caribe* 6(4).
- CEIEG (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica), 2015. Geografía y medio ambiente. Disponible en: http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/productosdgei/CIGECH/CIGECH_GEOG_Y_MEDIO_AMB.pdf
- Etchevers, J., M. Acosta, C. Monreal, K. Quednow y L. Jiménez. 2001. Los Stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. *Simposio Internacional de Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*. Octubre 2001. Valdivia, Chile. 19 pp.

- Ibrahim, M., M. Chacón, C. Cuartas, J. Naranjo, G. Ponce, P. Vega, F. Casasola, J. Rojas. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería de las Américas* 47:27-36.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 2000. *Land Use, Change and Forestry*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html>.
- Kanninen, M. 2000. Secuestro de Carbono en Bosques: El papel de los Bosques en el Ciclo Global de Carbono. Disponible en: <http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/articulovb.pdf>.
- Leblanc, H., R. Russo, J. J. Cueva, E. Subía. 2006. Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical* 2(2):143-148.
- Schroeder, P. 1994. Carbon Storage Benefits of Agroforestry Systems. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>.
- Segura, C., A. Miguel, P. Sánchez-Guzmán, C.A. Ortiz-Solorio, M.C. Gutiérrez-Castorena, 2005, Carbono orgánico de los suelos de México. *Terra Latinoamericana*. 23(1):21-28.
- SIAP, 2014. Producción agrícola ciclo 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
- Torres, R.J.M. y S. Guevara. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, núm. 63, abril-junio, 2002, pp. 40-59. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906303>.

FENOLOGÍA DEL RAMÓN (*Brosimum alicastrum* Swarts) EN TEZONAPA, VERACRUZ, MÉXICO

Fátima Magali Báez-Román¹
Beatriz Hernández-Avendaño¹
Gregorio Hernández-Salinas¹
Rubén Purroy-Vasquez¹
Fernando López-Morales²
Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera¹
Claudia García-Sánchez³
Claudia Lorena Fernández-López⁴

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz

²Manejo Sostenible de Agroecosistemas, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Eco Campus Valsequillo

³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México

⁴Universidad Politécnica de Huatusco, Veracruz
gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx

RESUMEN

En México, los frutos de *Brosimum alicastrum* tienen importancia alimenticia y ecológica; sin embargo, existen escasos trabajos sobre su fenología, lo que limita su conservación y aprovechamiento. El objetivo del presente estudio fue describir la fenología reproductiva del *B. alicastrum* en la Independencia, Tezonapa, Veracruz, durante el periodo de enero a abril 2019. El muestreo fue por accesibilidad, logrando seleccionar 18 ejemplares, los cuales se localizaron a una altitud de 200 msnm, en un clima cálido húmedo (Am), con lluvias en verano y una temperatura media anual de 18°C. Con los promedios de las Unidades Fournier de los datos obtenidos de los ejemplares de *B. alicastrum* se construyó un fenograma. Para el evento de floración el valor más alto fue de 3 U.F. en el muestreo tres, disminuyendo a 0.5 U. F en la última evaluación. La fase de fructificación inmadura registró un valor máximo de 1 U.F para las evaluaciones tres y cuatro. En cambio, para la fructificación madura el promedio máximo fue de 1.5 U. F en el muestreo cinco, manteniéndose prácticamente en la última evaluación con 1.0 U.F. Se concluye que la floración y fructificación de *B. alicastrum* se presenta entre enero y abril, con ciertos picos diferenciados en el tiempo, por lo que un esquema de recolección de semillas sería importante para la conservación y aprovechamiento sustentable de esta especie multipropósito.

Palabras clave: Árbol Ramón, fenofases, unidades Fournier

INTRODUCCIÓN

La fenología se encarga de estudiar los fenómenos periódicos o etapas que ocurren en el ciclo biológico de las plantas, relacionándolos con el ambiente en el cual se desarrollan (Pérez *et al.*, 2013). También, la fenología puede entenderse como el estudio de las respuestas de los organismos vivos a los diferentes cambios y estímulos originados por el medio externo, principalmente el clima y las interacciones con las otras formas de vida (Fournier y Charpentier, 1975; Mantovani *et al.*, 2003).

Vílchez y Murillo (1995) indicaron que la fenología contribuye a la solución de muchos problemas forestales. El objetivo básico del estudio fenológico es reunir información sobre el inicio, duración y culminación del proceso de sus fenofases y su relación con los factores climáticos como la precipitación y la temperatura (Fournier, 1974, 1976; Rodríguez, 2009). Este último investigador propuso un método

cuantitativo de estimación de la floración, fructificación y variación en la cobertura foliar (caída y renovación de las hojas nuevas) con base a la presencia (%) de la característica y también en la elaboración de fenogramas para resumir el patrón de desarrollo de las especies en el tiempo.

El método anterior, también es aplicable para árboles como el Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz.), el cual es característico de las zonas tropicales del continente americano, y su área de distribución en México va desde el sur de Sinaloa a Chiapas y del sur de Tamaulipas a la Península de Yucatán. Aunque esta especie tiene un espectro ecológico amplio, su mayor abundancia y desarrollo se presenta en las zonas tropicales húmedas.

Se ha documentado la presencia de dicho árbol en Mesoamérica (Peters y Pardo-Tejeda, 1982). El Ramón pertenece a la familia de la Moraceae, perennifolio que puede llegar a 40 m de altura y más de 1 m de diámetro (Pennington y Sarukhán, 1968). Es una de las especies arbóreas más estudiadas en las zonas tropicales, debido principalmente a su gran variedad de usos (madera, forraje, alimento y medicinas), en donde la mayor parte de los estudios se han enfocado a su aprovechamiento y muy pocos a su ecología y conservación (Peters y Pardo-Tejeda, 1982). Por su parte, Domínguez (2012), ha documentado que en el municipio Paso de Ovejas, Veracruz existe un desconocimiento de las fases reproductivas del ojoche, al encontrar que el 57% de las personas encuestadas no conocían las fechas de floración y fructificación. Además, ella registró que solo el 34% conoce la flor y el 9% conoce las fechas de floración y fructificación.

Debido a la escasa información acerca de aspectos fenológicos de *B. alicastrum*, el objetivo del presente trabajo fue describir la fenología reproductiva del ojoche en Tezonapa, Veracruz, México, cuya información incrementará el conocimiento de la biología, que permitirá la generación de estrategias de conservación y aprovechamiento sustentable de la misma especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Independencia, municipio de Tezonapa, Veracruz, México; la cual se encuentra en las coordenadas geográficas: Latitud Norte: 18° 57'06.82", Longitud Oeste: 96°73'05.56". Dicha localidad se encuentra a una altura de 200 msnm, presentando un clima cálido húmedo Am, con lluvias en verano en donde la temperatura media anual es mayor de 18°C (García, 1998). Tiene un suelo de tipo litosol (INIFAP-CONABIO, 1995). La vegetación es de tipo selva baja subperennifolia.

El tipo de muestreo utilizado fue de accesibilidad, propuesto por Ramírez-González (2006). El método consistió en levantar los datos de interés de los árboles de Ramón de un mínimo de 0.76 cm de circunferencia, que se encontraron al paso, con facilidad para acceder a ellos. Se muestrearon 18 árboles en buen estado sanitario, los cuales fueron marcados con pintura aerosol para madera de color verde fosforescente. Las evaluaciones comprendieron de enero a abril de 2019 distribuidas en seis muestreos. Las observaciones de los eventos fenológicos se realizaron con binoculares y registros fotográficos. Asimismo, se determinó el color del fruto con la tabla de colores de Munsell Color (Firm) (1977).

Posteriormente, la fenofase reproductiva (floración, fructificación inmadura y madura) de los ejemplares de *B. alicastrum* se evaluaron mediante el método propuesto por Fournier (1974), quien propuso una escala numérica de 0 a 4. Donde: 0= ausencia del fenómeno, 1= 1-25%, 2= 26-50%, 3= 51-75%, y 4= 76-100%. Los datos de los eventos fenológicos se concentraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® y se elaboró el fenograma empleando los promedios de las Unidades Fournier (UF), a través del tiempo evaluado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fase reproductiva en el presente estudio se caracterizó por la presencia de flores en 18 árboles de *B. alicastrum*, de los cuales eran ocho femeninos y 10 masculinos, registrando frutos inmaduros y maduros en ocho ejemplares, puesto que se trata de una población dioica.

La Figura 1 describe la fenofase de floración masculina y femenina en ejemplares de *B. alicastrum*. Dicho evento se observó de enero a abril, registrando un valor promedio máximo de 3 UF en la evaluación tres (03/03/2019); mientras que, en el muestreo cinco (11/04/2019) se presentó un mínimo de 0.2 UF. En otras especies maderables como el *Quercus humboldtii* Bonpland, la fenofase de la floración femenina es más amplia al abarcar entre finales de marzo y finales de agosto ($1.96 \text{ UF} \pm 0.98$) (Pérez *et al.*, 2013).

La fase de fructificación tanto inmadura como madura en los ejemplares de *B. alicastrum* bajo estudio se registró en los meses de enero a abril (Figura 1). La fructificación inmadura con un valor mínimo de 0.2 UF se manifestó en la primera evaluación (19/01/2019), destacando un pico máximo de 1 UF para los muestreos tres (03/03/2019) y cuatro (24/03/2019); cuyos frutos exhibían un color verde amarillo (5GY8/8), de acuerdo al gráfico del Munsell Color (1977).

La fructificación madura (Figura 1) se caracterizó por presentarse a principios de marzo y finales de abril, alcanzando un valor promedio del 0.1 UF en la evaluación tres (03/03/2019) con un color de fruto de rojo (7.5R4/14), seguidamente el muestreo cinco mostró un pico máximo de 1.5 UF con color rojo (7.5R4/14) en los frutos, pero en el último disminuyó a 1 UF.



Figura 1. Fase reproductiva de 18 árboles de *B. alicastrum* en la Independencia, Tezonapa, Veracruz descrita en seis evaluaciones. 1(19/01/2019), 2(05/02/2019), 3(03/03/2019), 4(24/03/2019), 5(11/04/2019) y 6(28/04/2019). A. Flor= aparición de flor, A.F.I.= aparición de frutos inmaduros, A.F.M.= aparición de frutos maduros.

La fructificación es la fase más afectada ya que depende de la cantidad de flores femeninas que se convierten en frutos, pues no todas llegan a la culminación de la fenofase frutos debido al aborto de frutos (Pérez *et al.*, 2013).

Finalmente, es importante recalcar que los resultados del presente estudio acerca de los eventos reproductivos de *B. alicastrum* determinados a través del tiempo, posiblemente contribuirán a un mejor conocimientos, manejo y aprovechamiento sustentable de esta especie por parte de los pobladores de la localidad de la Independencia, tal como lo sugiere Ríos-García *et al.* (2017) que los eventos de

floración y fructificación son los más importantes al contribuir en la toma de decisiones en materia de recolección de semillas para un manejo y propagación *ex situ* del árbol totoposte (*Licania arborea* Seem). Aunque también las fenofases de las plantas están determinadas por varios factores climáticos y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Stephenson, 1981; Villasana y Suárez, 1997).

CONCLUSIÓN

La floración de *B. alicastrum* se presenta entre mediados de enero y finales de abril, teniendo su pico máximo en marzo (56-75%) y la fructificación de enero a abril con un pico máximo en marzo (1-25%) y abril (1-25%) para la fructificación inmadura y madura, respectivamente. Derivado de lo anterior, podemos inferir que *B. alicastrum* es una especie que aborta muchos frutos, por lo que sus causas es un tema que debería de estudiarse en un futuro.

LITERATURA CITADA

- Domínguez, L. M. A. 2012. Conocimiento Local y Crecimiento Inicial Del Ojite (*Brosimum alicastrum* Swartz) Bajo Distintas Condiciones de Manejo en la Zona de Lomeríos del Municipio Paso De Ovejas, Veracruz, México. Tesis de maestría en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. 83 p.
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba 24: 422-423.
- Fournier, L., y Charpentier, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba 25: 45-48.
- Fournier, L. A. 1976. The dendrophenograph, a graphic representation of tree phenology. Turrialba, 26 (1): 96-97.
- García, E. 1998. Climas de la República Mexicana (clasificación de Köppen modificado por García). Escala 1: 000 000, México.
- INIFAP-CONABIO. 1995. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Edafología, Escala 1, 250 000. México.
- Mantovani, M., A., Ruschel, M. Sedrez dos Reis, A. Puchalski y R.O. Nodari. 2003. Fenología reproductiva de especies arbóreas en una formação secundaria da floresta Atlántica. Rev. Árvore 27: 451-458.
- Munsell Color (Firm.) 1977. Munsell® Color Charts for Plant Tissues. Second edition. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. New Windsor, New York. 6 p.
- Pérez L. C. A., Villalba M. J. C., y Almanza P. M. I. 2013. Fenología del roble (*Quercus humboldtii* bonpland) en Popayán (Cauca, Colombia). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 2: 145-154.
- Peters, C. M., y Pardo-Tejeda, E. (1982. *Brosimum alicastrum* (Moraceae): uses and potential in México. Economic Botany 36 (2): 166-175.
- Pennington, T.D. y K.J. Sarukhán. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. INIF-FAO-SAG. México. 413 p.
- Ramírez-González, A. 2006. Ecología: Métodos de Muestreo y Análisis de Poblaciones y Comunidades. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 271 p.

- Ríos-García, C.A., C. Orantes-García, A.G. Verdugo-Valdez, M.S. Sánchez-Cortés, O. Farrera-Sarmiento. 2017. Estudio fenológico de *Licania arborea* Seem (Chrysobalanaceae) en Jiquipilas, Chiapas, México. *Agroproductividad* 10 (8): 48-52.
- Rodríguez-B., C. 2009. Fenología de *Quercus ilex* L. y *Quercus suber* L. en una dehesa del centro peninsular (proyecto fin de carrera. Ingeniería Técnica Forestal). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 100 p.
- Stephenson, A.G. 1981. Flower and Fruit Abortion: Proximate Causes and Ultimate Functions. *Ann Rev Ecol Syst.* 12: 253–279
- Villasana A., y Suárez G. 1997. Estudio Fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la reserva forestal Imataca estado Bolívar. Venezuela. *Revista Forestal Venezolana.* 1: 13-16.
- Vílchez, B. y Murillo, O. 1995. Análisis fenológico y de la biología reproductiva de jaúl (*Alnus acuminata*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha (Costa Rica)* 1(10): 65-73.

DIVERSIDAD FENOTÍPICA EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ PROVENIENTES DE LA REGIÓN CENTRO-SUR DE TAMAULIPAS

Emilio Moreno-Ortega¹
Rafael Delgado-Martínez¹
Mario Rocandio-Rodríguez²

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas

²Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas

rdelgado@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) representa la base alimentaria y gastronómica de México, por su parte Tamaulipas es uno de los estados donde el maíz comenzó a diversificarse, por lo que dentro de su territorio es posible encontrar diversos rasgos morfológicos en poblaciones nativas, resaltando la importancia de evaluar esta diversidad con el fin de encontrar individuos con potencial para utilizarse directamente o con otros fines como el mejoramiento genético. El objetivo fue valorar la diversidad genética de maíces nativos del centro-sur de Tamaulipas por caracterización morfológica. Se evaluaron 79 poblaciones nativas de maíz y dos testigos en tres ciclos de cultivo. Se realizó una identificación racial para observar el número de razas presentes dentro del acervo evaluado, con los datos obtenidos se realizó estadística descriptiva para conocer la proporción de razas presentes, además se tomaron datos morfológicos, fenológicos y de espiga en los tres ciclos, con los datos de la caracterización se realizaron análisis de varianza entre genotipos, entre ciclos y entre genotipos x ciclo y con los valores estandarizados se realizaron análisis multivariados para observar la diversidad de manera visual. De las 79 poblaciones nativas de maíz, se identificaron cinco razas puras: Ratón, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño, Tabloncillo y Dzit-Bacal. Hubo significancia entre genotipos, entre ciclos y entre genotipos x ciclo. El análisis de componentes principales definió 5 grupos y el análisis de conglomerados mostró 2 grandes grupos y dos subgrupos denotando la diversidad presente dentro de las poblaciones nativas evaluadas.

Palabras clave: Selección antropocéntrica, Recursos fitogenéticos, genotipo, ambiente

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) representa la base de la alimentación mexicana, debido a la evolución de las formas de consumo, de producción y procesamiento sobre todo para el consumo como tortilla y otros productos derivados de su cultivo (Diego-Flores *et al.*, 2012), así como la alta demanda de estos y otros productos en las zonas urbanas y en ciertas comunidades rurales, los cuales se elaboran principalmente con harinas de variedades mejoradas o maíz proveniente de otros países, siendo escasa o nula la utilización de maíces nativos (Diego-Flores *et al.*, 2012).

En Tamaulipas, han sido identificadas poblaciones nativas de maíz, entre las que destacan las razas Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño y Olotillo, además de sus diferentes cruza interracial, restringiendo su distribución prácticamente a la zona de temporal, en donde predomina el bajo nivel tecnológico de manejo, provocando la adaptación de las poblaciones a diversas condiciones de estrés como parte del constante manejo por parte del agricultor, quien por generaciones las han cultivado y seleccionado, promoviendo, conservando y fijando de manera *in situ* características en las variedades locales distribuidas en las zonas rurales mexicanas mediante la agricultura tradicional. Los maíces nativos que se cultivan en México y Tamaulipas son de interés especial por que enriquecen a

la diversidad mundial de la especie (López *et al.*, 2009), esto facilita el desarrollo de variedades modernas y productivas, ya que representan un reservorio de genes para el mejoramiento de la especie (Hayano-Kanashiro *et al.*, 2009), y se explota el potencial de estas como fuente de características nuevas, exóticas y favorables (Vigouroux *et al.*, 2008). A lo anterior se puede agregar el aporte energético (45% de calorías consumidas en tortilla), beneficios a la salud, debido al contenido de antioxidantes (antocianinas, flavonoides y polifenoles) y aceites (Mora *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010), además forman parte esencial de la cultura mexicana (Bellon *et al.*, 2005; Brush y Perales, 2007). Por lo tanto, evaluar la diversidad presente de los maíces nativos que aún se cultivan en Tamaulipas, permite generar y conocer información básica; como el estatus de la diversidad de estas, además, de conocer las características fenotípicas que permitan detectar dicha diversidad y promover en un futuro el aprovechamiento de poblaciones nativas de maíz presentes en las regiones centro y sur de Tamaulipas (López *et al.*, 2009). La caracterización morfológica es una herramienta para conocer dicha diversidad y con esto conocer el estado actual de la diversidad de las razas distinguiéndolos en grupos varietales. Derivado de lo anterior, el objetivo de este trabajo es valorar la diversidad genética de maíces nativos del centro-sur de Tamaulipas por caracterización morfológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el campo experimental “Ing. Herminio García González” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en el km 23 de la carretera Cd. Victoria-Monterrey, Municipio de Güemez, Tamaulipas (23° 56' 30.5" latitud N 99° 06' 11.3" longitud O), con una altitud de 174 msnm, temperatura y precipitación promedio anual de 31°C y 692.5 mm respectivamente. De acuerdo con Köppen tiene un clima semicálido con lluvias en verano (García, 1981).

Fueron evaluadas 79 poblaciones de maíz nativo, procedentes de los municipios de Gómez Farías, Güemez, Hidalgo, Jaumave, Ocampo, Padilla y Victoria pertenecientes a las zonas centro-sur del Estado de Tamaulipas (Figura 1).

Tres ciclos de cultivo fueron establecidos; el primero fue el siete de septiembre de 2016; el segundo el 10 de febrero de 2017, y el tercero el 31 de agosto de 2017. La siembra se llevó acabo colocando tres semillas cada 0.50 m entre plantas y 0.80 m entre surcos, una vez germinadas las semillas se realizó un aclareo, dejando dos plantas por golpe. La fertilización se realizó con las dosis 135–50–00, de la cual se aplicó la mitad del nitrógeno y el total del fosforo en la siembra, y el resto del nitrógeno en la segunda escarda.

A excepción del ciclo Otoño-invierno 2017 (tercer ciclo) se aplicaron riegos de auxilio. Para el primer ciclo se regó el 22 de septiembre de 2016 y para el segundo ciclo se regó el 3 de marzo y 7 de abril de 2017 a punto de riego. Las cosechas se realizaron para el ciclo primavera-verano de 2016 el 13 de enero de 2017; para el ciclo otoño-invierno de 2016-2017, el día 22 de junio y para el ciclo primavera-verano 2017 el día 06 de enero de 2018, después de que todos los genotipos llegaron a madurez fisiológica.

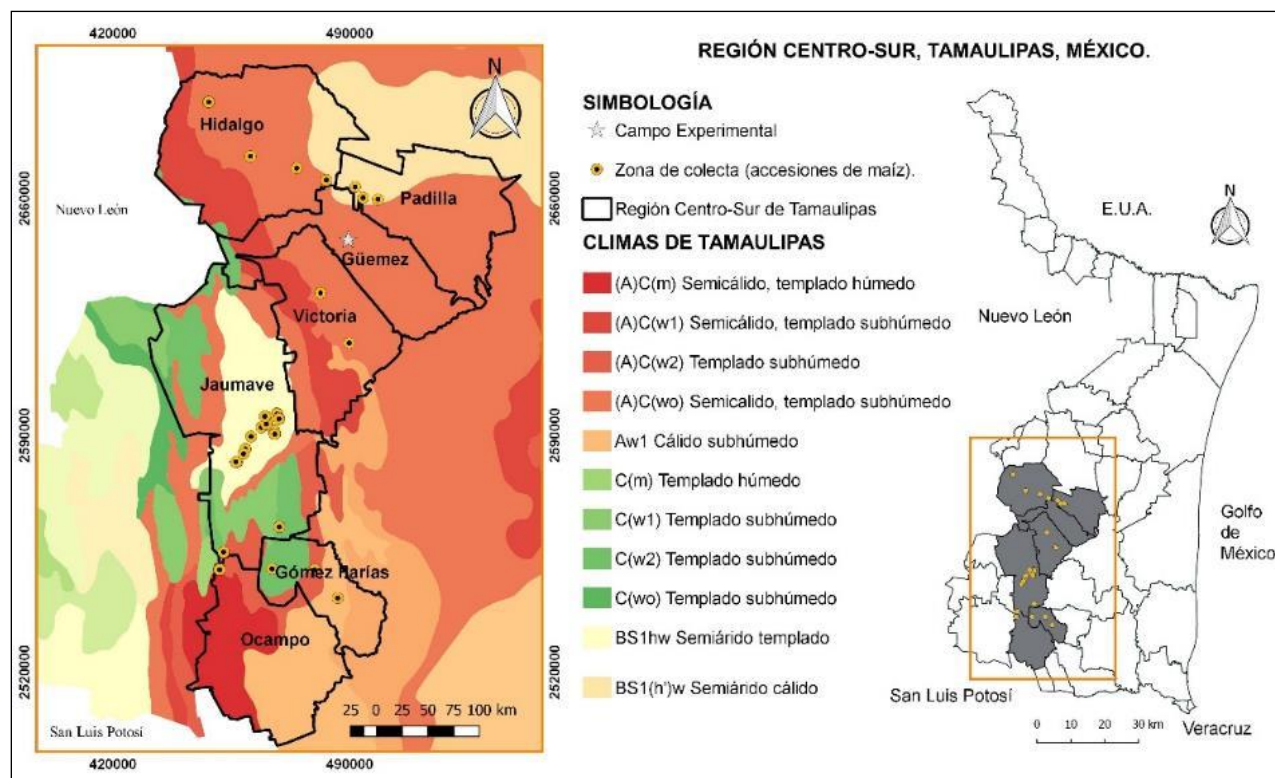


Figura 1. Regiones de proveniencia de las poblaciones nativas de maíz evaluadas.

Las poblaciones fueron distribuidas en un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5 m de longitud y 0.80 m de ancho, con una población final de 44 plantas, correspondiente a una densidad de población de 55 mil plantas ha^{-1} . En cada parcela experimental se eligieron al azar cinco plantas con competencia completa. De las cuales se registraron caracteres morfológicos de la planta, caracteres fenológicos y caracteres de espiga.

Los caracteres evaluados se dividieron en tres grupos:

Caracteres agronómicos:

Altura de planta (ATP), Altura de la mazorca principal (AMP), Altura de mazorca principal/Altura de planta (AMP/ATP), Número de hojas totales (NHT), Número de hojas arriba de la mazorca (NHAM), Longitud de la hoja de la mazorca (LHM), Ancho de la hoja de la mazorca (AHMz).

Caracteres fenológicos:

Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF), Asincronía floral (AF).

Caracteres de espiga:

Longitud total de la espiga (LTE), Longitud del tramo ramificado (LTRE), Longitud de la rama principal (LRPE), Longitud del pedúnculo (LPE) y Número de ramas primarias de la espiga (NRPE).

Análisis Estadístico

Con los datos de la caracterización racial, se realizó estadística descriptiva para saber la proporción de razas presentes en el acervo evaluado. Con los datos agronómicos, fenológicos y de espiga se realizó un análisis de varianza combinado entre ciclos de siembra utilizando el procedimiento GLM del paquete SAS V.9.0. (SAS Institute, 2002). Con el propósito que observar de manera visual la diversidad presente, con los promedios estandarizados de las variables se realizó un análisis de componentes principales (ACP), mediante el procedimiento PRINCOMP de SAS V.9.0. (SAS Institute, 2002) y se generó una matriz de distancias euclidianas y un análisis de conglomerados mediante el método de WARD SAS V.9.0. (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la caracterización racial se obtuvo que la frecuencia de las razas por procedencia fue: del 4% para la raza Dzit-Bacal; 13% para la raza Tabloncillo; 18% para la raza Tuxpeño; 31% y 34% para las razas Tuxpeño Norteño y Ratón, respectivamente.

Análisis de Varianza

Se detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en la expresión de las variables morfológicas, fenológicas y de espiga evaluadas en las poblaciones nativas (Cuadro 1) lo anterior, reflejo de la diversidad genética existente (Martínez-Sánchez *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 79 poblaciones nativas y dos genotipos mejorados a través de tres ciclos de cultivo.

Variable	Genotipo	Ciclo de cultivo	Genotipo x Ciclo	Error
Días a floración masculina	56.90**	7117.06**	8.64*	4.93
Días a floración femenina	118.59**	7314.15**	13.23*	9.56
Asincronía floral (días)	20.56**	19.20 ^{NS}	5.30 ^{NS}	6.46
Ancho de hoja de mazorca (cm)	1.56*	103.67**	1.10 ^{NS}	1.15
Longitud de hoja de mazorca (cm)	106.41**	3881.26**	30.94*	23.94
Número de hojas totales	3.01**	18.65**	0.63*	0.45
Número de hojas arriba de la mazorca	0.024**	6.60**	0.17**	0.09
Altura total de planta (cm)	2668.47**	15396.10**	339.95 ^{NS}	288.97
Altura a la mazorca principal (cm)	1674.17**	4300.63**	139.11 ^{NS}	155.81
ATP/AMP	0.01**	0.03**	0.004*	0.003
Longitud de pedúnculo de la espiga (cm)	20.69**	127.52**	16.00*	11.93
Longitud de la rama principal de la espiga (cm)	21.42**	236.47**	11.79 ^{NS}	10.62
Longitud del tramo ramificado de la espiga (cm)	21.02**	662.14**	10.55 ^{NS}	9.76
Longitud total de espiga (cm)	50.27**	1092.56**	21.67 ^{NS}	21.34
Número de ramas primarias de la espiga	21.41**	377.62**	5.53 ^{NS}	5.19

*significativo, **altamente significativo, ^{NS} no significativo.

Por otro lado, la expresión morfológica presentada en los tres ciclos de cultivos mostró significancia ($p \leq 0.05$) en 14 de las 15 variables evaluadas, por lo que las variables están influenciadas por el ambiente, demostrando la alta plasticidad fenotípica de las poblaciones de la región Centro-Sur, lo que influye en la adaptación de estas a los ambientes a los que se ven expuestas. Por otro lado, la variable asincronía

floral fue la variable que no presento diferencias significativas entre ciclo, reflejo de la estabilidad que presentan las poblaciones en asincronía floral. Rocandio-Rodríguez *et al.* (2014) menciona que las características agronómicas más estables en relación con el ambiente son más útiles a la hora de caracterizar poblaciones nativas.

Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) en un estudio de maíces de Puebla, encontraron diferencias estadísticas entre genotipos y entre ciclos de cultivo en poblaciones de nativas de maíz, así como altos niveles de variación en los caracteres, agregando que esto indica la existencia de diversidad genética en las variedades evaluadas, además éstas responden de manera diferente en ambientes contrastantes como los encontrados en este estudio. La diferencia en la expresión de la interacción Genotipo x Ciclo en las variables ATP, LPE, NHT, NHAM, ATP/AMP, puede estar relacionada debido a que las diferentes poblaciones fueron expuestas a fechas de siembra establecidas para ciclos productivos de riego los cuales contemplan 2 ciclos por año.

Análisis de Componentes Principales

En el análisis de componentes principales los tres primeros componentes explicaron el 69.5% de la variación morfológica expresadas por las 79 poblaciones nativas evaluadas, además de los dos testigos comerciales mejorados, la contribución específica de la variabilidad total fue de 47.9%, 12.1% y 9.5% para CP1, CP2 y CP3, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Vectores y valores propios y proporción de la varianza explicada por los tres primeros componentes principales.

Variables	CP1	CP2	CP3
DFM	0.298	-0.266	-0.105
DFF	0.324	-0.197	-0.119
AF	0.284	-0.032	-0.113
AHM	0.030	0.363	-0.272
LHM	0.296	-0.198	0.225
NHT	0.304	0.009	-0.293
NHAM	0.196	-0.325	-0.283
ATP	0.330	0.144	0.005
AMP	0.342	0.155	-0.124
ATP_AMP	0.278	0.173	-0.232
LPE	0.020	0.116	0.375
LRCE	0.211	-0.299	0.382
LTRE	0.223	0.350	0.339
LTE	0.279	-0.011	0.447
NRE	0.175	0.559	0.026
Valor propio	7.1	1.8	1.4
Varianza explicada (%)	47.9	12.1	9.5

DFM = Días a floración masculina, DFF = Días a floración femenina, AF= asincronía floral, AHM= Ancho de hoja de la mazorca, LHM= Longitud de hoja de la mazorca, NHT= Número de hojas totales, NHAM= Número de hojas arriba de la mazorca, ATP = Altura total de planta, AMP = Altura a la mazorca principal, ATP/AMP= Altura total de planta/Altura a la mazorca principal, LPE= Longitud de pedúnculo, LRPE= Longitud de la rama principal de la espiga, LTRE= Longitud del tramo ramificado de la espiga), LTE= Longitud total de espiga, NRPE= Número de ramas primarias de la espiga.

Las poblaciones se agruparon en general por el tipo de raza. Diego-Flores *et al.* (2012) mencionan que la variación morfológica y fenológica en poblaciones de maíz se asocia con los patrones altitudinales y geográficos de donde proceden, por lo que estos grupos formados dentro de la diversidad total se pueden atribuir a dichos patrones. Además, las diferentes presiones selección natural y artificial influyen en la formación de patrones varietales provocando el agrupamiento o separación de las poblaciones nativas en relación con las características que presentan.

En características agronómicas este grupo presentó similitud estadística en ancho de hoja de la mazorca (AHM), además el bloque expreso los valores más altos en longitud de hoja de la mazorca (LHM), sobre todas las poblaciones evaluadas con promedios por encima de los 96 cm. En número de hojas totales (NHT) presentaron rangos desde 16.26 a los 19.74, y en número de hojas arriba de la mazorca (NHAM) presentaron un promedio de 6.58, dicha variable ésta relacionada a la capacidad fotosintética de la planta para el llenado de grano, por lo que es de importancia su evaluación, el conglomerado de este primer grupo albergo a poblaciones provenientes de climas semicalido-templados húmedos [(A)c(m)] y dos tipos de climas templados sub húmedos [(A)C(w2), C(w2)], en las que predomina un rango altitudinal de 920 a 1,257 metros.

Análisis de conglomerados

Con base en las 15 variables evaluadas, el análisis de conglomerados detectó dos grupos con un coeficiente de determinación (R²) de 0.2. El grupo I estuvo conformado por 10 accesiones entre las que se encuentran en su mayoría individuos de la raza tabloncillo provenientes del municipio de Ocampo, lo cuales presentaron similitud en días a floración masculina (rangos de 69.3 a 73.3), floración femenina (rangos de 76.83 a 83.66) es decir, estos genotipos fueron de los más tardíos. En sincronía floral presentaron valores desde los 5.1 a los 10.8 días entre la floración femenina y la masculina, característica muy importante por su estrecha relación con el rendimiento.

El grupo II estuvo conformado por la mayoría de las accesiones evaluadas en el experimento (69) y a su vez se subdividió en 2 grupos fenotípicos más pequeños de acuerdo con las características expresadas por los maíces nativos, las poblaciones presentes dentro de este gran grupo abarcaron poblaciones de las razas Dzit-Bacal, Ratón, Tabloncillo, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño.

El subgrupo II A, lo conformaron 23 poblaciones nativas representadas por la raza Ratón con un 34.78%, 43.47% para la raza Tuxpeño Norteño, 4.3% para la raza Dzit-Bacal y 17.39% para la raza Tuxpeño, el presente conglomerado conjuntó a poblaciones provenientes de tres regiones diferentes de los municipios de Hidalgo, Jaumave, Padilla y Victoria, caracterizados por mantener un rango altitudinal que oscila entre los 402 y los 755 metros, este conjunto caracterizado por un bloque intermedio, presento variaciones en la floración masculina de (DFM) de 61 a 70 días, en la floración femenina (DFF), de 64 a 76 días, y una asincronía floral (AF), de 5.35 días en promedio.

El subgrupo II B se encuentra representado por 46 poblaciones nativas, representado por las razas Ratón (39.13%), Tuxpeño (17.39%), Tuxpeño Norteño (30.43%), Dzit-Bacal representa el 4.34% del grupo, así mismo 4.34% la raza Tabloncillo, las accesiones de este subgrupo corresponden a los municipios de Jaumave, Padilla, Cd. Victoria, Hidalgo y Gómez Farías. Los rangos altitudinales están representados por 160 metros en la accesión de ampliación Ojo de Agua, municipio de Gómez Farías y el máximo en los 847 metros representado por la comunidad Padrón y Juárez, municipio de Jaumave. El conglomerado se caracterizó por ser el más precoz con una AF promedio de 3.18 días y rangos para DDM y DDF de 59.8 a 70.16 y 62.0 a 74.66 días (Figura 2). La expresión en precocidad del grupo formado puede deberse a que las accesiones provienen de regiones con clima semiárido, semiárido cálido y semiárido templado, lo que posibilita a las accesiones a una adaptación a condiciones ambientales en donde predomina la escasez de lluvia, esto coincide con lo que menciona Ángeles-Gaspar *et al.* (2010).

El presente grupo, presento rangos en la ramificación de la espiga (NRE) correspondiente a 7.4 a 18.7 ramas, longitud de pedúnculo (LPE) de 17.75 a 23.43, una longitud en el tramo ramificado de la espiga (LTRE) de 8.5 a 16.3 cm, para la rama central de la espiga (LRCE), rangos de 25.3 a 31.17 cm y un rango de longitud total de espiga de 36.05 a 45.22 cm. Esto puede deberse a que las condiciones pluviométricas y de temperatura características de dichas regiones, influyan en la adaptación de los genotipos a ciclos más cortos, evitando la desecación de la espiga, acortando la madurez de sus estructuras reproductivas para una polinización breve.

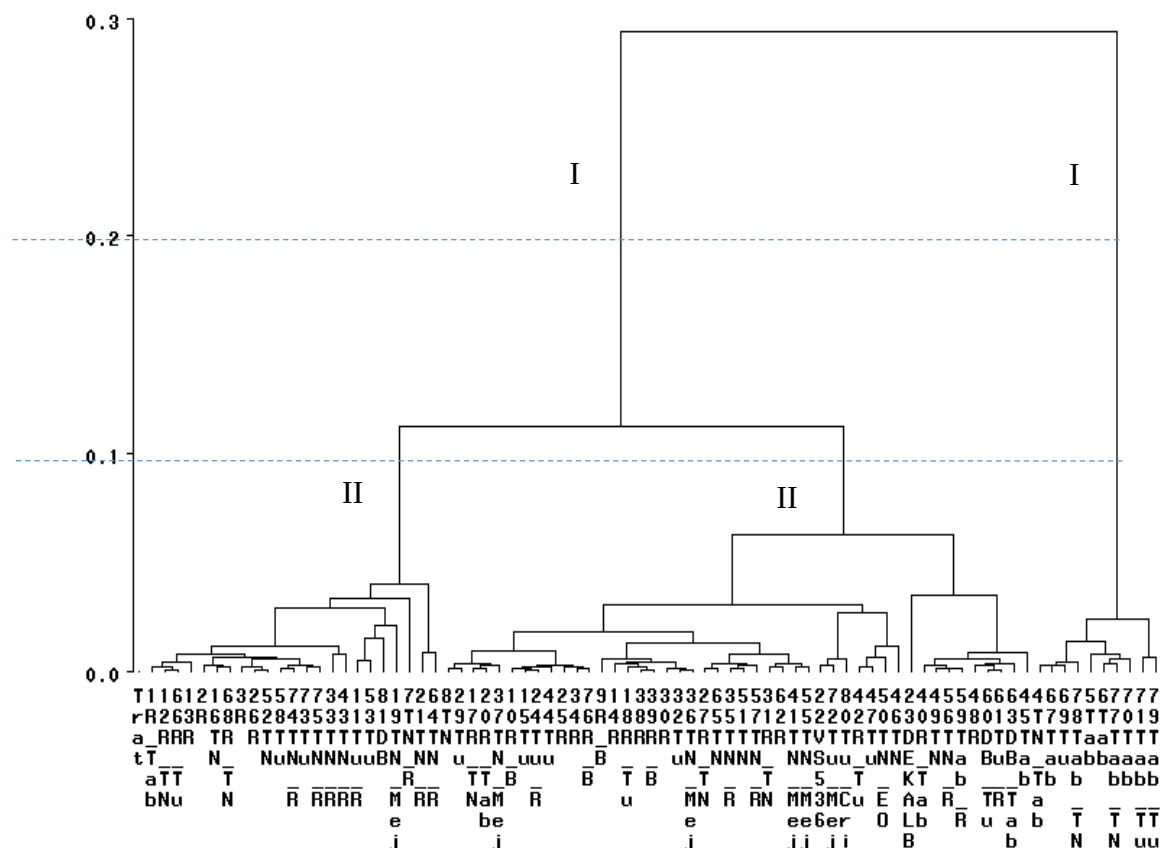


Figura 2. Dendrograma de 79 accesiones de maíz de la Región Centro Sur de Tamaulipas.

CONCLUSIONES

La raza Ratón predominó con más poblaciones, se agrupó en relación con la mayoría de las razas evaluadas y presentó poblaciones de ciclo precoz, intermedio y tardío, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales y respaldados por el análisis de conglomerados donde muestra la dispersión de las poblaciones nativas. Los análisis multivariados permitieron observar la diversidad presente de manera visual, diferenciando a la raza Tabloncillo del resto, agrupándola en el extremo derecho de la dispersión, debido a su mayor longitud y menor diámetro de mazorca, así como por su ciclo vegetativo más tardío. Las asociaciones confirman la identidad de las razas previamente reportadas, así como la variación, agrupamientos e interrelaciones de las diferentes poblaciones que representan a las razas de maíz del centro-sur de Tamaulipas cuyo conocimiento tiene importantes implicaciones en el diseño de programas para la conservación y manejo de la diversidad genética.

LITERATURA CITADA

- Ángeles, G. E., Ortiz, T. E., López, P. A., López, R. G., 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativo de Moxcalac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):287-296.
- Bellon, M. R.; Adato, M.; Becerril, J.; Mindek, D. 2005. Impact of Improvement Germplasm on Poverty Alleviation: The Case of Tuxtepeño-Derived Materials in Mexico. CIMMYT. Mexico D. F. 58 p.
- Brush, S. B., Perales, H. R. 2007. A maize landscape: Ethnicity and agro-biodiversity in Chiapas Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (121): 211-221.
- Chavez-Servia J.L., Diego-Flores P., Carrillo-Rodríguez J.C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
- Diego-Flores, P., J. C. Carrillo-Rodríguez., J. L. Chávez-Servia y F. Castillo-González. 2012. Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo* (44): 157-171.
- Dowswell, C.D., Paliwal, R.L. and Cantrell, R.P. 1996. Maize in the third world. Boulder, CO, USA, Westview Press.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F 325 p.
- Hayano-Kanashiro, C.; Calderón-Vázquez, C.; Ibarra-Laclette, E.; Herrera-Estrella, L.; Simpson, J. 2009. Analysis of gene expression and physiological responses in three Mexican maize landraces under drought stress and recovery irrigation. *PLoS ONE* (10): 753-762.
- Lee, C.; García, H. S.; Parkin, K. L. 2010. Bioactivities of kernel extracts of 18 strains of maize (*Zea mays*). *Journal of Food Science* (75): 667-672.
- López, L. X.; Oliart, R. M.; Valerio, G.; Lee, C. H.; Parkin, K. L.; Garcia, H. S. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds, and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *Food Science and Technology* (42): 1187-1192.
- Martínez-Sánchez, J., Espinosa-Paz, N., y Cadena-Iñiguez, P. 2017. Caracterización morfológica de poblaciones de maíz native (*Zea mays* L.) en Chiapas, México. *Agroproductividad* (9): 26-33.
- Mora, S.; Gutiérrez, J. A.; Serna, S. O.; Sánchez, P.; Reyes, C.; Milán, J. 2010. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* (52): 502-508.
- Rocandio-Rodriguez M., Santacruz-Varela A., Cordova-Tellez L., López- Sánchez H., Castillo-González F., Lobato-Ortiz R., García-Zavala J. J., Ortega-Paczka R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37(4):351-361.
- SAS Institute Inc. 1988 SAS/STAT® User's Guide Version 9.0 SAS Institute Inc., Cary, NC: pp: 209-243.
- Vigouroux Y, J C Glaubitz, Y Matsuoka, M M Goodman, J Sánchez, J Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95:1240-1253.

Sección VI:

SOCIOECONOMÍA Y CULTURA AMBIENTAL



RENTABILIDAD Y PRODUCCIÓN DE HUEVO ALTERNATIVO: JAULA ENRIQUECIDA Y SISTEMA CAMPERO EN EL TRÓPICO SUBHÚMEDO

Ciro Sánchez-Hernández
Mónica de la Cruz Vargas-Mendoza

Colegio de Postgraduados Campus Veracruz
mvgas@colpos.mx

RESUMEN

En el mercado del huevo ha crecido la demanda de huevo obtenido bajo sistemas diferentes a la avicultura industrial, como respuesta a una exigencia social, consciente del bienestar animal, la inocuidad de los alimentos y el uso responsable de los recursos. El objetivo fue analizar algunos indicadores productivos y financieros de la producción de huevo en sistemas producción de jaula enriquecida y campero en condiciones de trópico subhúmedo. El trabajo se desarrolló en una granja familiar ubicada en la región centro del Estado de Veracruz con 110 aves Híbridas Dominant 853 de 18 semanas de edad ya en postura. Durante 17 semanas se registró la producción, consumo de alimento y los costos de producción. Se calcularon los indicadores productivos y se realizó un análisis financiero mediante una corrida proyectada a cinco años. El tamaño del huevo se incrementó conforme avanzaron los días de producción, iniciando con 42 g y finalizando con 62.81 g a la semana 35. El porcentaje de postura fue de 82%, el consumo de alimento de 109 g ave⁻¹ y conversión alimenticia de 2.43, sin diferencias significativas entre los dos sistemas. Los indicadores financieros son negativos para ambos sistemas, influenciados por los altos costos de mano de obra y alimentación. Para que los dos sistemas sean rentables se requiere incrementar el número de aves en producción buscando el sobre precio del huevo campero ya que la inversión inicial para este sistema es más alta.

Palabras clave: huevo alternativo, sistemas alternativos de producción, producción familiar de huevo, bienestar animal

INTRODUCCIÓN

En el mercado del huevo ha crecido la demanda de huevo obtenido bajo sistemas diferentes a la avicultura industrial, como respuesta a una exigencia social, consciente del bienestar animal, la inocuidad de los alimentos y el uso responsable de los recursos. Ejemplo de esto es la prohibición de jaulas convencionales en la producción de huevo de la Unión Europea a partir de 2012 (Elson, 2009), lo cual ha impulsado el crecimiento de los sistemas de producción alternativa. Dentro de los sistemas alternativos se encuentra la producción en jaula enriquecida, en la cual, las gallinas son alojadas en jaulas con mayor espacio (750 cm² ave⁻¹) además de que cuentan con perchas, niales, baño de arena, entre otros implementos (Callejo *et al.*, 2014). Otro sistema alternativo es el campero, caracterizado por tener a las aves alojadas en un galpón para resguardo nocturno, donde se les proporciona alimento y agua. Las gallinas salen a pastorear y expresar su comportamiento natural todo el día. Su alimentación se basa en recibir una ración balanceada de acuerdo con sus requerimientos y complementar con forraje fresco y recolección de insectos (Miao *et al.*, 2005). La producción de huevo de gallinas libres en condiciones de trópico ha sido complicada, debido a que se enfrentan a condiciones de temperaturas y humedad relativa adversas (Yahav *et al.*, 2000; Miao *et al.*, 2005). Otra situación es la presencia de depredadores y enfermedades causantes de baja producción y como consecuencia altos costos de producción (Barnett 1999; Permin *et al.*, 1999; Hegelund *et al.*, 2006).

Independientemente del sistema de producción de huevo que se implemente, se estima que los costos de producción están representados entre 70 y 80% por la alimentación de las aves (Morales y David, 2012). El sistema campero se requiere una mayor inversión inicial que otros sistemas, debido a la infraestructura y espacio para su instalación (Rosas y Lerdon, 2018). Pero también existen algunas ventajas, ya que, se ha estimado que se puede proporcionar alimento balanceado en un 70% de la dieta, y el restante 30% lo conforman pequeños insectos, lombrices, invertebrados y hierba verde que adquieren en el área de libertad (Buchanan *et al.*, 2007; Spencer, 2013; Bonell, 2017). Además de que el huevo y carne obtenido bajo sistemas alternativos presentan un sobre precio con respecto al convencional (Cobanoglu *et al.*, 2014).

El objetivo del presente estudio fue comparar la producción y viabilidad económica en los sistemas de producción de huevo de jaula enriquecida y campero, a pequeña escala, en condiciones de trópico subhúmedo, resaltando el potencial y las estrategias de manejo que se deben procurar para mejores resultados en el sistema de producción a libertad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una granja familiar ubicada en Tierra Colorada, Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, entre las coordenadas 19°13'38.66" N y 96°21'58.10" O, a una altitud de 63 msnm, con una precipitación promedio anual de 1969 mm y una temperatura promedio anual de 26°C (SMN, 2017). El área está delimitada con malla borreguera, con una superficie de 0.5 ha, provista de vegetación natural y plantación de frutales (mango y cítricos). Para el proyecto se utilizaron 108 gallinas Dominant 853 de la línea Rhode Island Red, de 18 semanas de edad, ya en postura.

Descripción de los sistemas

La jaula enriquecida de PTR, malla gallinera y lámina de zinc; densidad de alojamiento de 4 gallinas m²; con niales, uno por cada tres gallinas, una percha de bambú, comederos de tubo de PVC de 4", designando 15 cm lineales por gallina y bebederos colgantes. El sistema campero consistió en esta misma caseta, más un área de libre pecoreo de 8 m² ave⁻¹ a su disposición diurna; esta área contaba con sombra de árboles frutales y forraje, compuesto por herbáceas y gramas de la región. Se proporcionó alimento balanceado de acuerdo a los requerimientos de la etapa productiva (Cuadro 1) y agua a libertad, sirviendo a las 7:00 y a las 13:00 horas. Las aves se dejaban en libertad a las 6:00 y se resguardaban a las 18:30 hrs. Por la tarde se pesaba el alimento residual de los comederos para el cálculo de consumo de alimento.

Cuadro 1. Ingredientes (%) de las raciones elaboradas para las gallinas Dominant cz D853, durante las diferentes etapas de producción.

Ingrediente (%)	Postura 1 (19-39 semanas)	Postura 2 (40-78 semanas)
Maíz	60.71	64.01
Pasta de soya	26.51	22.76
Aceite	2.04	1.33
Sal	0.21	0.21
Calcio	7.63	8.79
Núcleo BASEMIX	2.9	2.9

Fuente: Información propia.

El huevo se recolectó de las 13:00 a las 15:00 horas, se pesó y empacó para venta. Durante el último mes se les proporcionó hora y media de luz artificial, también se le dio seguimiento a su calendario de vacunación. La presencia de parásitos y enfermedades respiratorias se trataron con productos naturales (sábila, limón, epazote, ajo y cebolla). Para conservar la calidad del cascaron se suplementó con calcio granulado a libertad. Se realizó el registro de todos los gastos que implica la producción, instalaciones y equipo, mano de obra, servicios, adquisición de las aves y alimentación.

Cálculo de indicadores productivos y rentabilidad de los sistemas

Los indicadores de producción fueron calculados por medio de las siguientes formulas:

Porcentaje de postura

$$\% \text{ Postura} = \frac{\text{No. de huevos}}{\text{No. de aves}} \times 100$$

Peso medio de huevo por semana

$$\text{pmh} = \frac{\text{ph1} + \text{ph2} + \text{ph3} \dots \text{phn}}{n}$$

Donde pmh= Peso medio de huevo, ph= Peso de huevo, y n = Número de huevos

Consumo de alimento

$$\text{Consumo Alimento} = \frac{\text{Alimento ofrecido (g)} - \text{Alimento rechazado (g)}}{\text{No. de gallinas por unidad experimental}}$$

Conversión alimenticia

$$\text{Ca} = \frac{\text{Consumo de alimento (kg)}}{\text{Producción de huevo (kg)}}$$

El estudio financiero se fundamenta en la información generada y registrada. Permite determinar a través del procedimiento de presupuesto el monto de la inversión fija, el flujo de efectivo y la rentabilidad del proyecto mediante indicadores financieros dinámicos como el punto de equilibrio (PE), valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Son valores que expresan el rendimiento económico de la inversión a realizar en la empresa y sirven de base para fundamentar la toma de decisiones. Para obtener estos valores se usaron los indicadores productivos generados hasta la semana 35 de producción y se proyectó a todo el ciclo de producción de las aves con base a los indicadores que maneja la ficha técnica Dominan cz. La TIR Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, es decir hace que el valor de los beneficios actualizados se iguale a los costos y nos permite conocer el porcentaje que rendirá una inversión (Medina *et al.*, 2012). El procesamiento de la información para obtener los valores de TIR y el VAN se realizó por medio de la hoja de cálculo Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de huevo en los dos sistemas se presentó de manera similar, al igual que el consumo de alimento y la conversión alimenticia (Cuadro 2). Los resultados de estos indicadores fueron calculados de la semana 19 a la 35. El tamaño de huevo después de la semana 30 rebasó los 60 g en los dos sistemas de producción y el porcentaje de huevo se mantuvo entre el 85 y 90%. El porcentaje de huevo roto y sucio fue muy bajo para los dos sistemas de producción.

Cuadro 2. Indicadores productivos en el sistema reproducción de huevo, jaula enriquecida y sistema campero.

Indicadores	Jaula enriquecida	Campero
Postura (%)	81.68	82.38
Consumo de alimento	111.50	111.52
Conversión alimenticia	2.65	2.57
Tamaño de huevo	57.27	58.51
Huevo roto	18	17
Huevo sucio	11	22

Análisis financiero

Se proyectaron los costos de producción e ingresos con base en los parámetros productivos estimados y de la ficha técnica de las gallinas usadas. La corrida financiera sugiere que la inversión inicial será 22% más alta en el sistema campero que en el sistema de jaula enriquecida. Principalmente por el área de terreno del que se hace uso. La inversión en la nave de resguardo es 14.5% más alta en el sistema de jaula enriquecida debido a que las aves deben de disponer como mínimo 750 cm² por cada ave (Cuadro 3).

Cuadro 3. Conceptos de inversión en dos sistemas de producción de huevo.

Inversión Fija	Sistemas de producción	
	Jaula enriquecida	Campero
Nave avícola	8,000.00	6,000.00
Pollas de 18 semanas de edad	6,050.00	6,050.00
Sistema de comedero lineal pvc	1,000.00	1,000.00
Sistema de bebederos	1,100.00	1,100.00
Tinaco de 600 litros	600.00	600.00
Manguera	1050.00	1050.00
Terreno	1,000.00	15,000.00
Subtotal	18,800.00	30,800.00

Los costos de producción están representados en su mayoría por el uso de mano de obra para el cuidado de las aves en un 45.4% y los costos por alimentación de las gallinas en un 48.58%, en los dos sistemas de producción (Cuadro 4).

La evaluación del estado de resultados sugiere que el sistema de producción de huevo en jaula enriquecida presenta un ingreso menor por ventas, debido al precio de venta del huevo de 2.00 la pieza, compitiendo con el huevo comercial de la región. Sin embargo, el huevo campero presenta un mejor precio de venta, como mínimo \$2.50 por pieza. En ambos sistemas, con el número de aves usadas (110), la utilidad neta es nula, siendo más alta las pérdidas de dinero en el sistema de jaula enriquecida (Cuadro 5).

Cuadro 4. Desglose de costos de producción.

Concepto	Sistemas de producción	
	Jaula enriquecida	Campero
Costos fijos		
Ventas	2,880.00	2,880.00
Agua	180.00	180.00
<i>Subtotal</i>	3,060.00	3,060.00
	Costos Variables	
Cuidados y mano de obra	28,800.00	28,800.00
Alimento de producción	30,821.00	30,821.12
Vacunas	109.10	230.10
Energía eléctrica	600.00	600.00
Aplicación de vacunas	60.00	60.00
<i>Subtotal</i>	60,390.22	60,511.22
<i>Costos Totales</i>	63,450.22	63,571.22

Cuadro 5. Estado de resultados del primer ciclo de producción de huevo en sistema de jaula enriquecida y campero.

Conceptos	Jaula Enriquecida	Campero
Ingresos por ventas	57,320.33	69,125.41
Costos de producción	60,390.22	60,511.22
Utilidad bruta	-3,069.89	8,614.19
Gastos de administración y ventas	3,060.00	3,060.00
Utilidad de operación	-6,129.89	5,554.19
Reintegros	3,760.00	6,160.00
Utilidad neta	-9,889.89	-605.81

Los indicadores financieros sugieren que la producción de huevo en sistema de jaula enriquecida y sistema campero con el número de aves empleadas (110) no es económicamente viable. En el sistema de jaulas enriquecidas, los costos de producción superan los ingresos por ventas, por lo que el punto de equilibrio calculado es del 100%. El cálculo del número de aves necesarias para tener indicadores financieros positivos es de 135 aves en campero y 165 en sistema de jaula enriquecida (Cuadro 6).

Cuadro 6. Indicadores financieros en producción de huevo en sistemas de jaula enriquecida y sistema campero, proyectados a cinco años.

Indicador	Jaula enriquecida	Campero
VAN	-54,014.10	-30,631.65
TIR (%)		-40.29
B/C	0.81	0.90
Punto de equilibrio (%)	100	36
No. de aves necesario para que el proyecto sea rentable	165	135

La producción de huevo en jaula enriquecida se presentó de forma similar al sistema campero, a diferencia de los reportado por Denli *et al.* (2016) y Yilmaz *et al.* (2016). Por lo que se reconoce que la

asignación del espacio adicional en el sistema campero no afectó el porcentaje de postura, consumo de alimento y, por lo tanto, la conversión alimenticia, como algunos autores también lo han documentado en algunos trabajos (Şekeroğlu *et al.*, 2010). Estos resultados se explican debido a que las jaulas enriquecidas favorecen un mayor movimiento similar a las aves del sistema campero y las aves en sistema campero pueden complementar su alimentación con forraje e insectos en el área libre (Fanatico, 2007). Por otra parte, la inversión inicial de los sistemas de producción es más alta en el sistema campero debido a que se considera el costo del terreno donde se establece la producción, y se requiere mayor superficie, además de la construcción de cercas para los potreros. Resultados similares fueron reportados por Pont (2006) al realizar una comparación económica del sistema convencional y el campero.

Los costos de producción, mano de obra y alimentación son los más elevados y representan el 94% del total, lo cual es similar a lo reportado por Medina *et al.*, (2012) y Cobanoglu *et al.* (2014). El costo de la mano de obra es considerable debido a que se paga un jornal para la atención de un número reducido de aves. Sin embargo, el incrementar la cantidad de gallinas puede disminuir el costo de mano de obra (Rajendran y Mohanty, 2003). En el sistema campero se puede reducir el consumo de alimento balanceado si se promueve la presencia de vegetación e insectos en los potreros donde pecorean las aves y con ello el costo de su alimentación. El consumo de forraje se estima entre el 9 y 16% de la dieta diaria, en función de cuanto se enriquezca el área de pastoreo (Khusro *et al.*, 2012; Dal Bosco *et al.*, 2014).

El estado de resultados refleja que la utilidad bruta es superior en el sistema de producción campero debido a que el precio de venta del producto es mayor que el huevo del sistema de jaula enriquecida, lo cual promueve la rentabilidad de los sistemas alternativos (Pont, 2006; Chang *et al.*, 2010). Al calcular la utilidad neta en los dos sistemas de producción, estos presentan valores negativos, debido a que el número de aves no permite una producción que les permita disminuir costos de producción, similar a lo reportado por (Rajendran y Mohanty, 2003).

Los indicadores financieros VAN Y TIR son negativos en los dos sistemas de producción y el cálculo del costo beneficio es inferior a uno por lo que trabajar con 110 aves no permite generar una actividad rentable. El punto de equilibrio refleja, que para que se generen ganancias en el sistema de jaula enriquecida se necesitan utilizar mínimo 170 aves, mientras que en sistema campero 150. Lo que favorece al sistema campero a pesar de tener costos de producción más alto, es el sobreprecio que se paga por el producto, debido a las condiciones bajo las que se alojan a las aves (Chang *et al.*, 2010; Dottavio y Di Masso, 2010).

CONCLUSIÓN

Los indicadores productivos en el sistema de jaula enriquecida y sistema campero se comportan de forma similar, sin embargo, los indicadores financieros fueron mejores en el sistema campero influenciados por el sobre precio que se paga por el producto. Para que los dos sistemas sean rentables se requiere incrementar el número de aves en producción debido a que los costos por mano de obra resultan altos.

LITERATURA CITADA

Abouelezz F. M. K., Sarmiento-Franco L., Santos-Ricalde R. y Solorio-Sanchez, F. 2011. Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleífera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. Rev. Cub. Cien. Agri. 2: 63-69.

- Barnett, J. L. 1999. Evaluation of alternative egg laying production systems in Europe. A Travel Report presented to the Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, Australia. file:///C:/Users/ekt/Downloads/TA990-20A-Final-Report.pdf. (Septiembre 2020).
- Bonell, L. A. 2017. Módulo de producción avícola, huevos Free range (Bachelor's thesis). <http://hdl.handle.net/11086/4720>. (junio 2019).
- Buchanan, N.P., Hott J. M., Kimbler L. B., and Moritz, J. S. 2007. Nutrient composition and digestibility of organic broiler diets and pasture forages. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 13–21.
- Callejo A., A. dos Santos, N. Núñez y Buxadé, C. 2014. Distribución de la puesta en las jaulas enriquecidas. *Selecciones Avícolas*: 6-9 pp. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/callejo.pdf. (November 2020).
- Chang, J. B., Lusk, J. L., and Norwood, F. B. 2010. The price of happy hens: A hedonic analysis of retail egg prices. *J. of Agri. and Resour. Eco.* 35(3): 406-423.
- Cobanoglu, F., Kucukyilmaz K., Cinar M., Bozkurt M., Catli A. U. and Bintas, E. 2014. Comparing the profitability of organic and conventional broiler production. *Braz. J. of Poult. Sci.* 16; 4: 403-410. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1604403-410>.
- Dal Bosco, A., C. Mugnai, A. Rosati, A. Paoletti, S. Caporali and Castellini, C. 2014. Effect of range enrichment on performance, behavior, and forage intake of free-range chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 23 (2): 137- 145.
- Denli, M., Bukun B. and Tutkun, M. 2016. Comparative performance and egg quality of laying hens in enriched cages and free-range systems. *Scient. Pap. Ser. D Anim. Sci.* 59: 29-32.
- Dottavio, A. M., y Di Masso, R. J. 2010. Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. *Jour. Basic and Appli.Gen.* 21; 2: 10.
- Elson H. A. 2009. Sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras en Europa: desarrollo actual y resultados técnicos. *Selecciones avícolas*. 46º Symposium de la AECA. Zaragoza, España. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/alojamiento_ponedoras_europa_arnold_elson_46_symp_aeca_texto.pdf. (Julio 2019).
- Fanatico, A. (2007). *Sistemas Avícolas Alternativos con Acceso a Pastura*. NCAT Especialista. National Sustainable Agriculture Information Service. www.attra.ncat.org. (enero 2019).
- Hegelund, L., Sørensen, J. T., and Hermansen, J. E. 2006. Welfare and productivity of laying hens in commercial organic egg production systems in Denmark. *NJAS-Wageningen J. Life Sci.* 54; 2:147-155. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(06\)80018-7](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(06)80018-7).
- Khusro, M., Adrew N. R. and Nicholas, A. 2012. Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *W. Poult. Sci. Assoc.* 68: 435-446. <https://doi.org/10.1017/S0043933912000554>.
- Medina, C J. C., Rejón Á. M, J. y Valencia, H. E. R. 2012. Análisis de rentabilidad de la producción y venta de pollo en canal en el municipio de Acanceh, Yucatán, México. *Rev. Mex. Agroneg.* 30: 909-919. DOI: 10.22004 / ag.econ.120499.
- Miao, Z. H., Glatz, P. C., and Ru, Y. J. (2005). Free-range poultry production-A review. *Asian-Austral. J. of Ani. Sci.* 18: 113-132.
- Morales, R. y David, M. 2012. El costo final del huevo en Gallinas Ponedoras White Leghorn y su relación con indicadores nutricionales de la fórmula de la ración. *REDVET – Rev. Elec.a Vet.* 13 (6): 1-11.

- Permin A., Bisgaard M., Frandsen F., Pearman M., Kold J. and Nansen, P. 1999. Prevalence of gastrointestinal helminths in different poultry production systems, Brit. Poult. Sci. 40(4): 439-443.
- Pont, J. A. 2006. Análisis económico de la producción ecológica de huevos de gallina. VII Congreso SEAE Zaragoza España.
http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_material_referenci_a/arxiu/analisis_economico_huevo_eco.pdf. (mayo 2019).
- Rajendran, K., and Mohanty, S. 2003. Comparative economic analysis and constraints in egg production under cage vs. deep litter systems of rearing in India. Int. J. Poult. Sci. 2(2): 153-158. DOI: [10.3923 / ijps.2003.153.158](https://doi.org/10.3923/ijps.2003.153.158).
- Rosas, N. A, y Lerdon, F.J. 2018. Factibilidad de un proyecto avícola para producción de huevos bajo sistema free-range en el sur de Chile. *Idesia (Arica)*. 36: 131-140. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001702>.
- Şekeroğlu, A., Sarica M., Demir E. and Saatci, M. 2010. Effects of different housing systems on some performance traits and egg qualities of laying hens. J. Anim. Vet. Adv. 9 (12): 1739-1744. https://www.researchgate.net/publication/250303783_Effects_of_Different_Housing_Systems_on_Some_Performance_Traits_and_Egg_Qualities_of_Laying_Hens. (junio 2020).
- SMN. 2018. Sistema Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42>. (Noviembre 2018).
- Spencer, T. 2013. Nutrición de aves de corral y forrajes. ATTRA: Melbourne, Australia. https://pdfs.semanticscholar.org/53ea/88de1f533168a9b65faee501a20c3f3b0424.pdf?_ga=2.46740014.849693233.1573512358-861696550.1573512358. (abril 2020).
- Yahav, S., Shinder D., Razpakovski V., Rusal M. and Bar, A. 2000. Lack of response of laying hens to relative humidity at high ambient temperature. British Poultry Science, 41:5, 660-663, DOI: [10.1080/713654988](https://doi.org/10.1080/713654988)
- Yılmaz, D. B., Ipek A., Sahan U., Petek M. and Sözcü, A. 2016. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). Poult. Sci. 95:1564–1572. DOI: 10.3382 / ps / pew082.

USO DE MICORRIZAS EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) Y SU RENTABILIDAD EN “EL BAJIO”, MEXICO

Aquilino Ramírez-Ramírez¹
Ernesto Solís-Moya¹
Luis A. Mariscal-Amaro¹
Lourdes Ledesma-Ramírez¹
Sarahyt S. González-Figueroa¹
Manuel Jerónimo-Arriaga¹

¹Investigadores del Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km. 6.5 Carr, Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato
ramirez_aqui@hotmail.com

RESUMEN

En El Bajío, se requiere usar un enfoque sustentable en la producción de alimentos. Para aumentar los rendimientos de los cultivos una de las medidas más eficaces es mejorar la nutrición de las plantas y la más utilizada es la aplicación de fertilizantes químicos. Sin embargo, estos insumos han aumentado de precios, obligando a los productores a racionalizar su uso para reducir costos de producción. Una opción para mejorar la nutrición de las plantas manteniendo bajos los costos de cultivo es el empleo de las micorrizas. Por lo cual se vio la necesidad de ver efecto del uso de micorrizas en cebada y su rentabilidad. El trabajo se realizó en terreno de productor cooperante en Pénjamo, Gto. con la variedad Esperanza. Los tratamientos fueron: fertilización química 100% (FQ100) testigo, fertilización química 75% + micorriza (FQ75+M), fertilización química 50% + micorriza (FQ50+M). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG), altura de planta, número de macollos por planta, granos por espiga, número de espigas m⁻². Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas. También se calcularon la eficiencia agronómica y la rentabilidad de la tecnología aplicada. Los análisis indicaron que solo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta. La FQ100 fue la mejor para número de macollos por planta; la FQ75+M fue la más alta en rendimiento, altura de planta y número de espigas m⁻². La eficiencia agronómica fue de 1.84 y la rentabilidad de 1:2.06, o sea por cada peso invertido se ganaron \$2.06.

Palabras clave: Producción sustentable, nutrición de plantas, fertilización química, costos de producción

INTRODUCCIÓN

En México, se requiere usar un enfoque sustentable en la producción de alimentos. Es una necesidad imperante aumentar los rendimientos de los cultivos una de las medidas más eficaces es mejorar la nutrición de las plantas. La medida más utilizada es la aplicación de fertilizantes químicos, incrementan significativamente la producción forrajera y de grano, pero el uso excesivo puede generar problemas medioambientales (Rivera *et al.*, 2010; Velázquez *et al.*, 2010). Sin embargo, estos insumos han tenido aumentos considerables de precios (Huang, 2009). Dichos incrementos obligan a los productores a racionalizar su uso para reducir sus costos de producción, mejorando la rentabilidad de los cultivos. Esto es especialmente relevante en esta época donde existe una gran volatilidad en los precios de los productos agrícolas. Los precios a la baja pueden reducir o nulificar las ganancias (Márquez *et al.*, 2012). Una opción para mejorar la nutrición de las plantas manteniendo bajos los costos de cultivo es el empleo de las micorrizas, es una alternativa viable que permite aumentar rendimientos, mejorando la rentabilidad de los cultivos. Algunos las consideran como los organismos terrestres más importantes en las interacciones con los agro-ecosistemas. La mayoría de los cultivos presentan asociación

simbiótica con estos hongos, que están involucrados en la nutrición mineral, control de patógenos y tolerancia a sequía. La estimulación del crecimiento que ocasionan es atribuible principalmente al mejoramiento de la nutrición fosfórica (Plenchette *et al.*, 2005).

La mayoría de las raíces de la vegetación mundial forma asociación con hongos micorrízicos: el 83% de las dicotiledóneas, el 79% de las monocotiledóneas, y todas las gimnospermas regularmente forman este tipo de asociaciones (Wilcox, 1991). Trappe (1987) estima que el 95% de las especies vasculares presentan micorizas. Se está convirtiendo en una práctica común entre los productores. Es una parte importante del proceso de producción que, en combinación con otros factores favorece el buen desarrollo, aumenta el rendimiento y calidad del producto de los cultivos. Varios trabajos han demostrado su bondad en la respuesta positiva de los cultivos.

Por otro lado, la eficiencia nutricional es la capacidad para producir mayor cantidad de biomasa seca por unidad de mineral aplicado o absorbido (Fageria y Baligau, 1997). En este sentido, la eficiencia de aprovechamiento de un nutrimento se eleva al ser aplicado junto con la semilla como es el caso de las micorizas. Sin embargo, los incrementos en rendimientos por el uso de esta práctica han sido muy variables. Pero lo más importante es que los trabajos deben ser avalados o soportados por un análisis económico para conocer su rentabilidad, que sin duda dependerá del cultivo en que se está aplicando, desde el punto de vista de su remuneración. Por lo cual, el objetivo fue evaluar en condiciones de productor cooperante la aplicación de micorizas, determinar la mejor opción para aumentar los rendimientos de cebada, su eficiencia y rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en terreno de productor cooperante en la localidad Estación Pénjamo, en el municipio de Pénjamo, ubicado en la región de El Bajío, en el estado de Guanajuato, México, con la variedad Esperanza. Los tratamientos fueron: fertilización química 100% (testigo, FQ100 = 200-60-00), fertilización química 75% + micorriza (FQ75+M = 150-45-00 + M), fertilización química 50% + micorriza (FQ50+M = 100-30-00 + M). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG) en kg ha⁻¹, altura de planta en cm, número de macollos por planta a los 75 días, granos por espiga, número de espigas m⁻². Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas.

La variable rendimiento de grano se usó para el cálculo la eficiencia agronómica (EA), que permite conocer con que cantidad de nitrógeno el cultivo alcanza su máxima producción (Janssen, 1998); mediante la fórmula propuesta por Mengel y Kirkby (1982) y adaptada para micorizas: $EA = (RTFN - Rt) / NA$ donde:

RTFN = rendimiento de grano del tratamiento con micorriza.

Rt = rendimiento de grano del testigo (kg ha⁻¹).

NA = N aplicado (kg ha⁻¹).

Para rentabilidad se consideraron solo los costos directos, para estimarlos se tomaron los siguientes datos: rendimiento por hectárea del tratamiento con micorriza, costo de la micorriza más costo de aplicación (incluyendo equipo más jornales de trabajo por hectárea) y precio del grano. Con estos datos se estima ingreso total por concepto de aplicación de la micorriza, ingreso neto y tasa de retorno. La fórmula usada, manejada por Trinidad y Aguilar (1999) y adaptada para micorizas fue la siguiente:

Ingreso total = $(T1 - T0) * P$.

Ingreso neto = $(T1 - T0) * PG - CM$.

Tasa de retorno = $[(T1 - T0) * PG - CM] / CM$.

Donde:

T1= Rendimiento de grano con micorriza.

T0= Rendimiento de grano sin aplicación.

PG = Precio del grano (\$5000.00 por tonelada).

CM = Costo de la micorriza más aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis indican que solo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta. En el Cuadro 1 se muestran las medias por tratamiento de las variables estudiadas y la comparación de medias para número de macollos por planta, donde se observa que el tratamiento con fertilización química (testigo FQ100) fue la de más número de macollos por planta. Para rendimiento de grano, altura de planta y número de plantas m^{-2} el mejor tratamiento fue el FQ75 +M.

Cuadro 1. Medias por tratamiento de las variables altura de planta, numero de macollos por planta, numero de espigas m^{-2} y rendimiento de grano.

Variables	FQ100	FQ75 +M	FQ50 +M
Altura de planta (cm)	63.7	67.3	66.3
Numero de macollos por planta	3.0 a	2.7 b	2.5 c
Número de espigas m^{-2}	323	372	360
Rendimiento de grano ($kg\ ha^{-1}$)	6264	6356	5692

FQ100 = fertilización química 100%; FQ75 + M = fertilización química 75%+ micorriza; FQ50 +M = fertilización química 50% + micorriza.

En el Cuadro 2 se muestra que la eficiencia agronómica del nitrógeno fue de 1.84. También se observa en el resumen del análisis económico, en el que se estimó un costo de la micorriza y su aplicación a la semilla de \$ 150.00 por hectárea. El incremento en rendimiento fue de $92\ kg\ ha^{-1}$ y considerando un precio de \$ 5000.00 por tonelada de grano se tiene un ingreso total de \$ 460.00. A esto se le resta el costo de la micorriza teniendo un ingreso neto de 310.00, que equivale a una tasa de retorno de 1:2.06, es decir por cada \$ 1.00 invertido se ganaron \$ 2.06 por concepto de aplicación de micorriza. Ahora si se incluye el ahorro en fertilizante, se tuvieron ganancias o ingreso neto de \$ 680.00.

Cuadro 2. Eficiencia agronómica de la micorriza y resumen de análisis económico de la aplicación de esta tecnología en cebada.

Indicadores Económicos	Cantidades como indicadores
Micorriza	$1.0\ kg\ ha^{-1}$
Eficiencia Agronómica	1.84
Costo de Micorriza + aplicación	150.00
Incremento de rendimiento ($Kg\ ha^{-1}$)	92.0
Costo del grano por tonelada	5000.00
Ingreso Total	460.00
Ingreso Neto sin incluir ahorro en fertilizante	310.00
Ingreso Neto incluyendo ahorro de fertilizante*	680.00
Tasa de retorno	2.06

*Ahorro de fertilizante (50 y 15 kg de Urea y Tripe, respectivamente).

CONCLUSIONES

Solo hubo diferencias altamente significativas para número de macollos por planta, el testigo FQ100 fue el mejor.

Para rendimiento de grano, altura de planta y número de plantas m⁻² el mejor fue FQ75+M.

La eficiencia agronómica fue de 1.84

La tasa de retorno o rentabilidad fue de 1:2.06 o sea por cada peso invertido se ganó 2.06.

LITERATURA CITADA

- Fageria, N.K. y V.C. Baligar. 1997. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. *J. Plant Nutrition* 20(10): 1267-1277.
- Huang, W. 2009. Factors Contributing to the Recent Increase in U.S. Fertilizer Prices, 2002-08. Outlook AR-33. A Report from the Economic Research Service. USDA. <http://www.ers.usda.gov/Publications/AR33/AR33.pdf>
- Janssen, B.H. 1998. et use of nutrients: An art of balancing. *Field Crops Res.* 56:197-201.
- Marquez-Berber, S. R., G. Almaguer-Vargas, A. V. Ayala Garay, and A. K. Gardezi. 2012. Drought and agriculture: the case of Mexico. *Proceedings Minia International Conference for Agriculture and Irrigation in the Nile Basin Countries.* El Minia, Egypt. p. 729-732
- Mengel, K. and A.E. Kirkby. 1982. *Principles of plant nutrition.* International Potash Institute. Worzlaufen, Bern/switzerland.
- Plenchette, C., C. Clermont-Dauphin, J. M. Meynard, and J. A. Fortin. 2005. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Can J Plant Sci.* 85:31-40.
- Rivera L.P., Robledo M., Menéndez E. y Mateos P.F. (2010) Biofertilizantes... ¿En cereales? *Tierras: Agricultura*, 173, 52-57.
- Trappe, J. M. (1987). "Phylogenetic and Ecologic Aspects of Mycotrophy in the Angiosperms from an Evolutionary Standpoint", en Safir, G. R. (Ed.). *Ecophysiology of V-A Mycorrhizal Plants.* CRC. Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Trinidad S. A. y D. Aguilar M. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra* 17:247-257
- Velázquez E., Mateos P.F., Peix A., Rivas R., Trujillo-Toledo M.E., Igual Arroyo J.M. y Martínez-Molina E. (2010) Los rhizobia: biofertilizantes para leguminosas y no leguminosas. *Tierras: Agricultura*, 173, 78-85.
- Wilcox, H. E. 1991. Mycorrhizae. En: Waisel, Y.; Eshel, A. and Kafkafi, U., eds. *Plant roots: The hidden half.* New York: Marcel Dekker. p. 731-765.

PROPUESTA TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA LA TIPIFICACIÓN DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS

Lisette Bustillo-García¹
Francisco Osorio-Acosta^{2*}
Simón Hoyo-Araujo³
Maritzabel Materán-Jaimes⁴

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Venezuela

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz

³Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kléber Ramírez", Mérida, Venezuela

⁴Facultad de Agronomía-Universidad del Zulia, Venezuela

Autor de correspondencia*

fosorioa@colpos.mx

RESUMEN

La tipificación busca agrupar productores con prácticas y técnicas de manejos similares, pero se ha evidenciado que no hay una tipología metodológicamente robusta, pues las que existen tienen el sesgo unidimensional y no capturan la diversidad de sistemas de producción agrícolas. Sin embargo, en el transcurrir de los años, se ha hecho necesario ampliar los criterios para poder realizar la tipificación. Por tanto, el objetivo de este trabajo es diseñar una propuesta teórico-metodológica para realizar tipologías de productores que nos permitirán ampliar el análisis de las realidades de los agroecosistemas y los territorios donde estos se encuentran. El enfoque epistemológico de investigación es Racionalista-Deductivo, el tipo de investigación es proyectiva, con un diseño de investigación no experimental transeccional de tipo documental. La propuesta teórico-metodológica estará dirigida a considerar aquellos factores afines con la dimensión territorio-ambiental (descripción del ámbito territorial, vulnerabilidad y riesgo ambiental), sociocultural (servicios básicos, infraestructura, tradiciones y costumbres), económica-productiva (gestión de la producción, productividad y financiera), y el político-institucional (políticas agrícolas, innovación-investigación), relacionados con los agroecosistemas; cada dimensión desemboca en los descriptores (elementos cuali-cuantitativos), los cuales se obtendrán por medio de entrevistas semiestructuradas con el diseño de cuestionarios cuyas respuestas serán abiertas, cerradas, de selección múltiple y escalas tipo likert, que nos llevarán a la tipificación. Finalmente, esta propuesta integra de forma coherente los fundamentos de la teoría general de sistemas, la relación sociedad-naturaleza, el enfoque territorial y busca identificar el surgimiento o no de la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícolas.

Palabras clave: agroecosistemas, territorio, sustentabilidad

INTRODUCCIÓN

Existen distintas expresiones de la acción antropogénica en los territorios, así como diferentes impactos en el medio ambiente (contaminación de aguas, erosión, sedimentación, inundaciones, desastres naturales, baja productividad de la tierra, entre otros), sin embargo, en contraposición se encuentran un conjunto de productores que desarrollan alternativas para contrarrestar estos efectos y a su vez adaptarse a las nuevas exigencias del mercado; por ello se hace imprescindible desarrollar una alternativa metodológica que aborde de manera integral los procesos productivos, sociales, culturales, ambientales e institucionales, con el propósito de definir mecanismos, criterios y/o categorías que guíen la tipificación apropiada de los productores agrícolas.

La tipología de productores agropecuarios no es un concepto nuevo, ya que desde 1964 se instauró la Commission on Agricultural Typology of the International Geographical Union con la finalidad de establecer criterios, métodos y técnicas para tipificar sistemas de producción agrícolas a nivel mundial (Kostrowicki, 1977). En México, uno de los intentos de tipología más conocidos fue el que elaboró la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Schejtman, 1982), que pretendía identificar diferencias entre agricultura campesina y empresarial como principio, para que el Estado formulara una política de desarrollo rural considerando la heterogeneidad de productores y que, por ende, estuviera en la posibilidad de ofrecer apoyos y subsidios diferenciados.

Por ello es importante comprender los agroecosistemas y dentro de ello los sistemas de producción agrícolas, partiendo de la definición de Harper (1974), y de Hernández (1988) que conceptualizaron al agroecosistema como un ecosistema modificado por el ser humano para la producción biológica de alimentos, fibras, y otros productos útiles, que pueden incluir también la provisión de servicios ambientales. En esta comprensión debemos partir sobre la base de la teoría general de sistemas promovida por Von Bertalanffy (1986), en la que un sistema tiene entradas, salidas, estructura y función de sus componentes, donde hay que considerar los diferentes elementos e interrelaciones que se dan tanto a lo interno como externo de los sistemas.

Por su naturaleza sistémica, un territorio, contiene distintos ecosistemas y agroecosistemas, su nivel de complejidad incrementa con relación directa a su tamaño e interacción de diversos factores. Los ecosistemas poseen atributos como el aire, diversidad de condiciones climáticas, suelo, agua, biodiversidad y paisaje, entre otros, lo que, en conjunto, satisfacen lo que se designa como oferta de bienes y servicios ambientales, o capital natural de sustentación; oferta que es necesaria conocer para lograr un aprovechamiento sustentable de los mismos (Ordoñez, 2011).

Posteriormente surgieron otras tendencias, donde la cultura y el orden social han pasado a considerarse como un componente más del agroecosistema. Sin embargo, las metas han estado inclinadas a incrementos de la productividad mayoritariamente en los inicios y luego a la recuperación del sistema como sistema ecológico intacto, respondiendo a fuertes lineamientos de ecología. Lo que mantiene vigente la necesidad de enfoques integradores.

En este orden de ideas la nueva ruralidad se utilizó como marco para analizar los aspectos de las transformaciones rurales contemporáneas (Kay, 2009), y como contexto teórico para realizar la tipificación de productores. Este enfoque se contrapone a los agraristas y productivistas que no dan cuenta de la complejidad actual de las sociedades rurales, ni de fenómenos económicos y sociales como el ingreso y las actividades rurales no agrícolas, las interacciones rural-urbanas y la intersección de actividades sectoriales en los sistemas de producción (Pérez, 2002; Lambin, 2004; Kay, 2009; De Grammont, 2009).

En el transcurrir de los años, también ha cobrado fuerza el debate sobre el “enfoque territorial del desarrollo rural”. Para Sepulveda (2008), el enfoque territorial propone el carácter variado de los territorios rurales, el desarrollo de políticas con objetivos globales para el territorio, la activación de mecanismos de participación para la formulación de soluciones colectivas. Por lo que hace énfasis en las personas para que se centre en su papel productivo-económico y socio-político dentro del territorio; y a su vez en la cohesión social a lo interno y externo del territorio, que conlleve a una cohesión territorial que no es más que la integración urbano-rural.

El enfoque territorial del desarrollo rural ofrece la oportunidad de conectar los temas de la pobreza rural con otros elementos del debate y de la acción pública contemporáneos, como son, por citar algunos, los del desarrollo económico local, la competitividad, la descentralización, la modernización del Estado, la pequeña y mediana empresa y el medio ambiente (Sandoval, 2012).

Este enfoque territorial tiene implícito o busca que se corresponda con el desarrollo sostenible. En 1987, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo elaboró el informe “Nuestro Futuro Común” (Informe Brundtland) acuñó el término desarrollo sostenible, y lo definió como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

El desarrollo sostenible es la combinación de tres factores: el bienestar y cohesión social, desarrollo económico, y el respeto al medio ambiente. Lo que debe conllevar al mejoramiento de la calidad de vida, el acceso a los servicios básicos, el aumento de los niveles educativos, seguridad alimentaria, la posibilidad de tener empleo, vivienda y trabajo, la disponibilidad de recursos naturales por parte de la actual y futuras generaciones y fundamentalmente la participación política (Bolívar, 2011).

Como la tipificación busca agrupar productores con prácticas y técnicas de manejos similares (Berdegúe y Larrain, 1998); buscamos ampliar los criterios para poder realizar esta tipificación, incorporando aspectos antes señalados en el enfoque territorial, la sustentabilidad, en la relación sociedad-naturaleza, que nos permitan ampliar el análisis de esas realidades.

Con todo lo antes expuesto se evidencia que no hay una tipología agropecuaria metodológicamente robusta. Las que existen tienen el sesgo unidimensional y no capturan la diversidad de sistemas de producción ocasionados por la reestructuración de la sociedad y economías rurales que se generaron a partir del proceso de la globalización.

Esta realidad es compleja, considerando al agroecosistema como el espacio o territorio que está dado en la relación sociedad-naturaleza, por lo que el manejo de sus recursos responde a un patrón social, donde existe una base física natural, su base poblacional, económica, las relaciones sociales allí generadas, con la tradición de su proceso histórico, su cultura y donde el sistema institucional a su vez está gobernado por un marco normativo, tecnológico y económico, que se reproduce en la sociedad agrícola, constituyendo los patrones culturales de cada zona, país o región, lo que determina los modos de producción y consumo que sin duda determinan el desarrollo de estos territorios (Schejtman y Berdegúe, 2004; Rodríguez, 2005; Sepúlveda *et al.*, 2005; Bustillo, 2008).

Por tanto, el objetivo de este trabajo es diseñar una propuesta teórico-metodológica para realizar tipologías de productores con base a su situación real. Y a su vez es base fundamental para la planificación y ordenación del territorio como elementos transversales de la sustentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque epistemológico de investigación es Racionalista-Deductivo ya que se diseñó una propuesta teórico-metodológica genérica para tipificar los productores agrícolas. Como lo señala Padrón (2007), el enfoque Racionalista-Deductivo es un sistema abstracto dotado de alto grado de universalidad que imita los procesos de generación y de comportamiento de una cierta realidad; las vías de acceso al conocimiento como los mecanismos para su producción y validación están dadas por la razón.

El tipo de investigación es proyectiva con un diseño de la investigación no experimental transeccional de tipo documental, fue necesario analizar los documentos relacionados al tema proveniente de fuentes secundarias (libros, tesis, artículos científicos y técnicos), (Hurtado de Barrera, 2000). Estas fuentes han sido referidas a la Teoría general de sistemas, la relación sociedad-naturaleza, el enfoque territorial y la sustentabilidad.

De acuerdo a lo señalado, la presente propuesta teórico-metodológica corresponde a todo el proceso sustantivo y organizativo que permitirá desarrollar y guiar actividades de investigación y/o planificación en los estudios del territorio y sus actividades agrícolas. El análisis estará dirigido según sea el caso, a considerar aquellos factores afines con la dimensión territorio-ambiente (descripción del ámbito territorial, vulnerabilidad y riesgo ambiental), sociocultural (servicios básicos, infraestructura, tradiciones y costumbres), económica-productiva (gestión de la producción, productividad y financiera), y el político-institucional (políticas agrícolas, innovación-investigación), relacionados con los agroecosistemas (Figura 1). Además, se establecieron los criterios de análisis con base a las dimensiones, se logró especificar los elementos cuali-cuantitativos que la identifican y caracterizan.

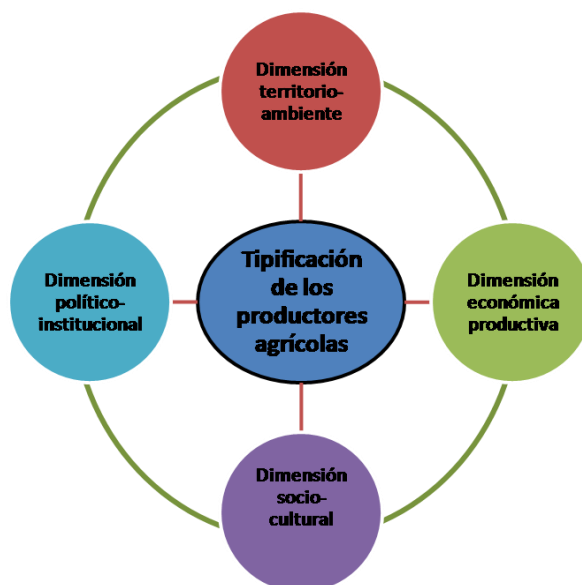


Figura 1. Dimensiones para la tipificación de los productores agrícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta el proceso sustantivo y organizativo de cada dimensión para desembocar en los descriptores (elementos cuali-cuantitativos), que llevarán a la tipificación. En este punto consideramos pertinente sugerir, una preclasificación, dado que hay criterios que son significativos para tipificar sistemas de producción agrícola; y que podrían utilizarse como criterios macro de preclasificación, tales como extensión de tierra de la unidad socio productiva, el piso altitudinal o la zona de vida donde éste se encuentra ubicado, la mano de obra si es familiar o contratada; a partir de esta preclasificación, analizar las dimensiones con sus indicadores para crear la tipología.

1. Dimensión territorio-ambiental

La dimensión territorio-ambiente es el campo articulador sociedad-naturaleza, integra el capital natural (aire, agua, suelo y biodiversidad) así como la relación del hombre con el mismo, su cognición ecológica, un espacio cuyas particularidades definen relaciones a lo interno y externo del territorio objeto del estudio, constituyendo parte esencial de su estructura y dinámica territorial, además, también como las unidades socioproductivas protegen y ejecutan el acceso a los recursos naturales presentes en el territorio, considerando las áreas vulnerables y susceptibles a ser degradadas. Esta

dimensión permitirá establecer las relaciones entre la posición de cada unidad socioproductiva y las condiciones ambientales donde se encuentran.

2. Dimensión sociocultural

Este componente considerará evaluar la evolución del crecimiento de la población, su incidencia en el grado de ocupación del territorio ya que determina la presión demográfica sobre la tierra y la dotación de servicios básicos (electricidad, agua potable, gas, medios de comunicación, red de aguas servidas, salud, transporte). Por otro lado, identifica tradiciones y costumbres relacionadas con la cultura (fiestas tradicionales, alimentación, entre otras) como estas influyen en los sistemas socioproductivos, y estas a su vez como contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

3. Dimensión económica-productiva

Esta dimensión articula el conjunto de categorías que explican el tipo de sociedad que aporta a construir una experiencia socioproductiva particular, así, se determinará si dicha experiencia está acoplada bajo una perspectiva de ruptura con la lógica del capital (acumulación-explotación) en la construcción del nuevo modelo social y su dinámica de producción (Hoyo y Fernández, 2018). Se compone por los aspectos Tecno-productivos, Patrón tecnológico, Estructura económica, Tipo de organización del trabajo.

4. Dimensión político-institucional

El componente político-institucional constituye la organización institucional en el territorio como herramienta para la ejecución de las políticas públicas del Estado, el establecimiento de los mecanismos de vinculación e intercambio de las unidades socioproductivas al sistema económico, a la sociedad y el Estado. Así como la regulación de las acciones de los actores sociales para la promoción y gestión compartida del aprovechamiento de los recursos naturales, procesos de ocupación y emplazamiento de actividades económicas.

Los descriptores se obtendrán por medio de entrevistas semiestructuradas con el diseño de cuestionarios cuyas respuestas pueden ser abiertas, cerradas, de selección múltiple y escalas tipo Likert; los cuales deben ser posteriormente codificados en una matriz Excel, calculando medidas estadísticas descriptivas, indicadores e índices. Además, la técnica ideal de formación de grupo (tipificación) sería el análisis cluster.

A continuación, el Cuadro 1 se evidencian las dimensiones y los descriptores, utilizados para la tipificación.

Cuadro 1: Dimensiones para la tipificación de los productores agrícolas.

Índice	Indicadores	Variables
Territorio-ambiental	Territorio	Ubicación geográfico-político-administrativo
		Zona de vida
		Accesibilidad a mercados, comercios, servicios bancarios
		Fronteras- Nivel de conflictividad
		Infraestructura socio-económica
	Ambiental	Responsabilidad y compromiso social
		Cobertura y uso de suelos
		Áreas vulnerables o susceptibles de degradación
		Uso de técnicas para conservar recursos naturales
		Cognición ecológica

Continúa Cuadro 1...

Socio-cultural	Sociocultural	Capacidades y capacitación tecnológica-gerencial Experiencia Participación de la familia en la producción Inseguridad alimentaria/pobreza Arraigo y respeto a tradiciones y/o costumbres socialización de conocimientos y saberes
	Disponibilidad de recursos	Acceso y/o disponibilidad de agua, luz, red de cloacas, gas, telefonía, internet, servicios de salud, transporte, tierra
Económica-productiva	Económicos	Propiedad, normativa laboral, ingresos, egresos, ganancias, indicadores financieros
	Tecnológico-productivo	Área productividad Rubro, Diversidad productiva Patrón tecnológico Valor agregado - Emprendimientos Comercialización Indicadores productivos Asistencia técnica, Transferencia e innovación
Político-institucional	Político-institucional	Asociatividad, participación en la planificación productiva Influencia de Organizaciones, gremios Normas de convivencia Aplicación de Marco legal, Regulaciones, Normas Cumplimiento de convenios y Alianzas estratégicas, institucionales, educativas Impacto de entes gubernamentales y ONG`s agrícolas y afines

CONCLUSIONES

Finalmente, se puede señalar que la interacción sociedad naturaleza definen, por un lado, el cambio espacio-temporal del territorio, implica la intervención de los ecosistemas, con desarrollo de sistemas antropogénicos (cultivos, pastos y uso urbano, entre otros). Asimismo, la toma de decisiones (particulares e institucionales) que emanan de la sociedad en su conjunto, modificando el funcionamiento de las unidades socioproductivas y del territorio, alterando la integridad ecológica e influyendo en la calidad de vida de la población. Esta propuesta integra de forma coherente los fundamentos de la teoría general de sistema, la relación sociedad-naturaleza, el enfoque territorial y busca identificar el surgimiento o no de la sustentabilidad con las dimensiones: territorio-ambiental, socio-cultural, económica-productiva y político-institucional.

LITERATURA CITADA

Bustillo, L. 2008. Condiciones para el desarrollo rural sustentable del Distrito de Desarrollo Rural 006, La Antigua, Veracruz, México, bajo el enfoque autopoiético. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campo Veracruz. México. 155p.

- Hoyo, S. y Fernández, M. 2018. Manual de Normas y Procedimientos Vicerrectorado de Desarrollo Territorial. Universidad Politécnica Territorial del estado Mérida "Kléber Ramírez". Vicerrectorado de Desarrollo Territorial. Mérida. Venezuela. 20p.
- Berdegúe, J. y Larrain, B. 1998. Cómo trabajan los campesinos. Editorial Celater, Colombia.
- Bolívar, Haydee. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. Publicaciones URBE. Vol 8 - N 1. 12 pag. Disponible en <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/cicag/issue/view/125>. Consultado en noviembre de 2012.
- De Grammont, C., 2009, "La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos", en De Grammont H. y L. Martínez (comps.), La pluriactividad en el campo latinoamericano, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.
- Harper, J.L., 1974. Agricultural Ecosystems. Agro-Ecosystems, 1: 1-6
- Hernández, X.E. 1988. La agricultura tradicional en México. Comercio exterior 88(8):673-678.
- Hurtado de Barrera, Jacqueline. 2000. Metodología de la investigación holística. 3era Ed. Caracas Venezuela. Editorial SYPAL-IUTC. 630 p.
- Kay, C., 2009, "Estudios rurales en América Latina en el periodo de globalización neoliberal: ¿una nueva ruralidad?", en Revista Mexicana de Sociología, 71: 607-645.
- Kostrowicki, J., 1977, "Agricultural typology concept and method", en Agricultural Systems, 2: 33-45.
- Llambí, L., 2004, "Nueva ruralidad, multifuncionalidad de los espacios rurales y desarrollo local endógeno", en Pérez E. y M. Farah (comps.), Desarrollo rural y nueva ruralidad en América Latina y la Unión Europea, Pontificia Universidad Javeriana y cirad, Colombia
- Ordoñez, J. 2011. Cartilla Técnica: Aguas subterráneas-acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima. Lima-Perú. 37 pp.
- Padrón, J. 2007. Tendencias Epistemológicas de la Investigación Científica en el Siglo XXI. Cinta moebio. www.moebio.uchile.cl/. (Consulta: marzo, 2019).
- Pérez C., E., 2002, "Hacia una nueva visión de lo rural", en Giarraca, N. (comp.). ¿Una nueva ruralidad en América Latina?, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Agencia Sueca de Desarrollo Internacional, Argentina
- Rodríguez, M. 2005. Desarrollo, pobreza-exclusión social y manejo de espacios socio ambientales en el mundo rural. El caso del área andina de Perú. Tesis doctoral. Université catholique de Louvain. Bélgica. 263 p.
- Schejtman, A., 1982, Economía campesina y agricultura empresarial, Comisión Económica para América Latina, Siglo XXI, México.
- Schejtman, A. y J. Berdegúe. 2004. "Rural Territorial Development". Documento de Trabajo N° 4. (Ed) Programa Dinámicas Territoriales Rurales. Rimisp, Santiago, Chile. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. 50 p.
- Sandoval García, Ana Delfina. 2012. Desarrollo Rural con Enfoque Territorial. Revista Agricultura Tropical. Vol 35, N° 1 Y 2:4-13. Diciembre.
- Sepúlveda, Sergio. 2008. Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales: métodos para la planificación. San José, Costa Rica: IICA. 416 p.

- Sepúlveda, S., R. Echeverri y A. Rodríguez. 2005. El enfoque territorial del desarrollo rural: retos para la reducción de la pobreza. Documento presentado en el seminario "Reducción de la pobreza rural en Centroamérica: fortalecimiento de servicios técnicos, empresariales y financieros", CATIE, Turrialba, Costa Rica, 11-13 p. Dirección de Desarrollo Rural, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. https://www.researchgate.net/profile/Adrian_Rodriguez22/publication/228397142_El_enfoque_territorial_del_desarrollo_rural_retos_para_la_reduccion_de_la_pobreza/links/5693a37508aee91f69a84049/El-enfoque-territorial-del-desarrollo-rural-retos-para-la-reduccion-de-la-pobreza.pdf. (Consulta, Octubre, 2020).
- Von Bertalanffy, L. 1986. Teoría general de los sistemas. Fondo de la cultura económica. México. Pp. 457. Disponible en: https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas_-fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf. Fecha de consulta: 04/07/2017.

COMERCIALIZACIÓN DEL LIMÓN (*Citrus limon* L.) EN LA ZONA SUR DEL ESTADO DE VERACRUZ

Juan Valente Megchún-García^{1*}

Armando Vásquez-Ramírez¹

Dulce María Orozco-Corona²

Ana Gabriel Milagro-Morales¹

Irma Rosa Vásquez-Robles¹

José María Báez-Espinoza¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza

²Universidad Tecnológica de Querétaro. División de Tecnologías de Automatización e información

juanvalente.m@itsjc.edu.mx

juan.vm@jesuscarranza.tecnm.mx

juanmg_3@hotmail.com

RESUMEN

México se considera uno de los principales países productores y exportadores de limón a países como E.U. Europa y Japón. En México el estado de Veracruz concentra gran parte de la producción en los municipios de Martínez de la Torre y Cuitláhuac, con la presencia de empaque de la fruta para el limón, en el sur del estado de Veracruz existe una incipiente comercialización y producción de fruta, y se desconocen aspectos de mercado y los principales canales de comercialización. El objetivo de la investigación fue realizar un diagnóstico sobre la comercialización del limón en puntos estratégicos de venta en el municipio de Jesús Carranza, Sayula alemán y Acayucan, Veracruz. El diagnóstico consistió en el método bola de nieve y consistió en realizar una encuesta a través de entrevistas directas a grupos de comerciales en los principales puntos de ventas como son mercados, puesto de frutería, mercado ambulante, vendedores en las calles, tiendas de abarrotes. El cuestionario fue estructurado con preguntas abiertas y cerradas, para el análisis de la información se realizó con el programa Statistica versión 7. Los resultados de la encuesta mencionan que el 54.2% de los comerciantes son masculinos, y el 54% de los entrevistados se dedica al comercio, el 70.8% de los entrevistados comercializa la variedad limón persa, y los principales proveedores provienen de Chiapas, Oaxaca y principalmente de San Pedro Evangelista, los meses de mayor venta se concentra de marzo a octubre. Existe oportunidades para los pequeños productores para el establecimiento de limón persa en la zona sur del estado de Veracruz, debido a la ventana de mercado que se presenta en los meses marzo a noviembre.

Palabras claves: Cítricos, *Citrus x Limon*, frutales tropicales

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las principales actividades económicas a nivel mundial, y es un indicador de competitividad entre las distintas naciones (Maya-Ambía, 2017). Una de las ramas prioritarias de la agricultura es la citricultura, enfocada en el cultivo de frutos como el limón, la naranja y la toronja (Campos-Herrera *et al.*, 2013). Los cítricos representan el segundo cultivo de frutas del mundo por volumen, junto al plátano, siendo de los productos más importante no solo como fuente de divisas, también como materia prima para las agroindustrias y fuente de empleo (Yesuf, 2013). Sin embargo, la citricultura se ve afectada por distintos riesgos entre ellos factores genéticos del fruto, prácticas culturales, plagas y factores ambientales, así como riesgos financieros debido a la incertidumbre por el periodo del retorno de la inversión inicial y al desconocimiento de las rutas de comercialización (Simoes *et al.*, 2015; Siddique y Garnevska, 2017).

El cultivo de limón requiere de condiciones ambientales específicas y la calidad del fruto es dependiente del historial de temperaturas y el régimen observado de sequías durante el ciclo de producción. Asimismo, estas condiciones afectan la propagación de plagas, enfermedades y maleza (Sánchez-Torres et al., 2011). Algunas variedades de limón se han adaptado a estas condiciones, ya sea de forma natural o por la implementación de estrategias de adaptación como el mejoramiento biotecnológico, el manejo de la fertilidad del suelo y estrategias de ahorro de agua o manejo del dosel (Fouad-Abobatta, 2020).

México es uno de los grandes líderes y productores de limón a nivel mundial, ocupando en el año 2008 el segundo lugar y en el año 2019, exportando un promedio de 800 mil toneladas de limón principalmente a Estados Unidos, Canadá y Japón (Vargas-Canales et al., 2020). Alrededor de 67 000 familias mexicanas son las responsables del sector citrícola en el país usando para su cultivo distintos tipos de tecnologías entre las que destacan la mecanización aplicada, el sistema de riego por goteo y el sistema de riego por aspersión (Valencia-Sandoval y Duana-Avila, 2019). México cultiva principalmente 3 tipos de limones: el limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), el limón persa o de Tahití (*Citrus latifolia* Tan) y el limón verdadero (*Citrus x Limon*) (Maya-Ambía, 2017) destacando como principales productores nacionales los estados de Veracruz, Michoacán, Colima, Oaxaca y Tamaulipas (SIAP, 2018).

Dentro de las problemáticas del limón, los agricultores mexicanos al momento de querer comercializar sus productos en el país o en el exterior se presentan con las siguientes limitantes: la sobreproducción de la fruta por encima de las necesidades del mercado mexicano provocando muchas veces la caída de los precios, imposibilitando el cubrir los costos de los requisitos de exportación entre ellos los certificados de calidad sanitaria e inocuidad, agregando un escaso o nulo plan logístico de exportación, lo que hace que en muchas ocasiones tengan pérdidas postcosecha (Otmani et al., 2010; Barreras-Zayas, 2019).

Es por ello que Vacante y Bonsignore (2012), menciona que es necesario el implementar un programa de manejo sustentable integrado para el cultivo y la comercialización de limón que genere no solo beneficios eco toxicológicos, sino también económicos haciendo uso de diferentes medios de control (biológicos, químicos, físicos, biotecnológicos) en conjunto con prácticas agronómicas y de la mano con apoyo técnico adecuado como por ejemplo el control biológico aumentativo, todo esto de forma equilibrada y respetuosa con el medio ambiente, los ingresos y las necesidades sociales. El objetivo de la investigación fue realizar un diagnóstico sobre la comercialización del limón en puntos estratégicos de venta en el municipio de Jesús Carranza, Sayula alemán y Acayucan, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucán, del estado de Veracruz, México. (Figura 1).

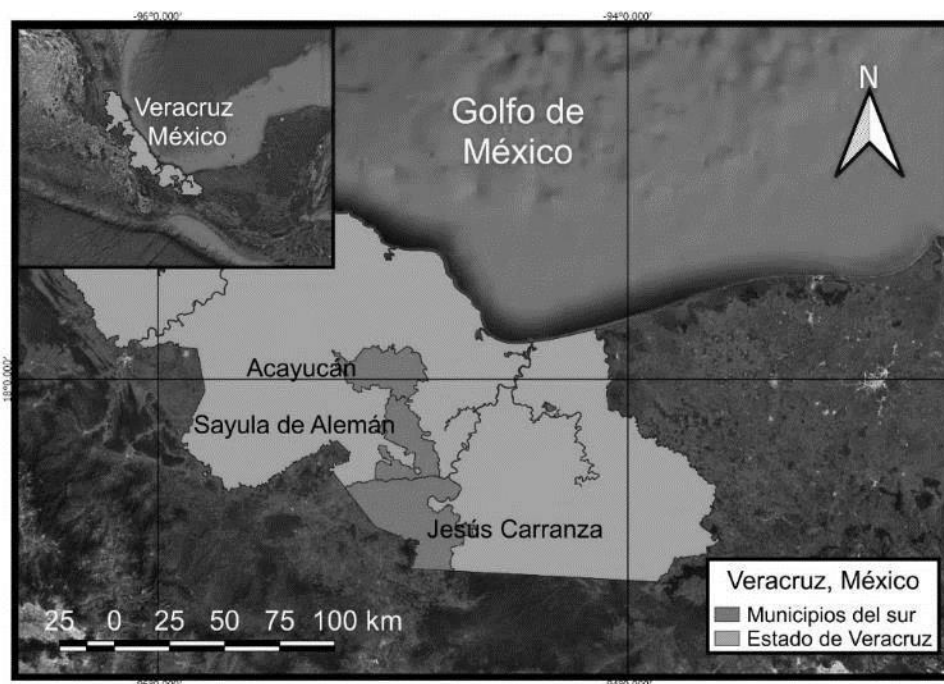


Figura 1. Ubicación de los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan, Veracruz.

Diagnóstico

Consistió en utilizar la técnica en cadena denominada “Bola de nieve”, para esto se planteó realizar un diagnóstico a través de una encuesta de comercialización del limón a comerciantes de los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan. La encuesta consistió en diseñar un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas, para conocer aspectos personales del entrevistado y aspectos de mercado, se entrevistó a grupos de comerciales en los principales puntos de ventas como son mercados, puesto de frutería, mercado ambulante, vendedores en las calles, tiendas de abarrotes. El cuestionario consistió en recabar datos personales como son nombre, sexo, oficio, lugar de residencia, estado civil, para los datos de mercado, se estructuraron preguntas sobre el lugar donde se adquiere el limón, proveedor, sistema de venta, precio por kilogramo, volumen de venta al consumidor, meses de venta y mes de mayor venta, criterios de selección de limón, marca comercial, ingresos por venta.

Análisis

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Stadistica versión 7, y se realizó un análisis de frecuencia, y posteriormente se realizó un análisis multivariado con dos factores, integrando toda la información de las variables de estudio del diagnóstico de mercado de limón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del diagnóstico de la comercialización de limón en los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan, correspondieron a una población de comerciantes con el 54.2% del sexo masculino, y su principal actividad es el comercio de la fruta de limón (Cuadro 1). El 45% de los comerciantes del limón en su mayoría tienen residencia en Monte Águila y el 20% de Sayula de alemán, el 41% de los comerciantes compran directamente con el productor de limón y el 50% de

los comerciantes vende el limón por rejas, únicamente el 25% de los consumidores compra el limón por pedidos directamente con el comerciante. Un estudio de mercado del limón persa en Tlapacoyán, mencionan que los productores dependen exclusivamente de la venta de limón persa, el 97% de los productores son pequeños con superficie de 6 hectáreas, el 56% de los productores obtienen rendimientos entre 4 a 10 ton/ha, los principales canales de comercialización son acopiador local, en subasta y empacadora y su destino final es el mercado en fresco, mercado para exportación, para el mercado de exportación se destina a países como E.U, Europa y Japón (Caamal *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Sexo y actividad de los comerciantes de limón en la zona de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan, Veracruz.

Sexo	Frecuencia	Entrevistados (%)	Actividad	Frecuencia	Entrevistados (%)
• Femenino	11	45.8	• Comerciante	13	54.16
• Masculino	13	54.2	• Productor	11	45.83

El 70.8% de los entrevistados vende el limón persa (*Citrus latifolia* Tan), en el diagnóstico se observó que el 37.5% de los comerciantes consideran como criterios de selección de limón de buena calidad el tamaño de la fruta, seguido del 33.3% de los comerciantes que consideran que los criterios más importantes son tamaño, color y sanidad de los frutos de limón (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cultivares y características de la selección del fruto para la venta en el mercado.

Cultivar	Frecuencia	Entrevistados (%)	Criterios de selección de fruta	Frecuencia	Comerciantes (%)
Criollo (<i>Citrus limón</i>)	7	29.16	Tamaño	9	37.5
Persa (<i>Citrus latifolia</i> Tan.)	17	70.83	Calidad	1	4.1
			Tamaño, color, sanidad	8	33.3
			Tamaño, color	4	16.6
			No respondieron	1	4.1
			Tamaño, sanidad	1	4.1

Las empresas empacadoras de Martínez de la Torre y Cuitláhuac, Veracruz que están certificadas con el BPM (Buenas Prácticas de Manufacturas), consideran que los parámetros de calidad del limón persa para la exportación a países como E.U, Europa y Japón, son el color, calibre, tolerancias a defectos y atributos como tamaño, sabor, apariencia, textura, empaque, etiquetado, daños físicos y minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos para la salud humana, las exigencias de los frutos para el mercado, dependerá del país de destino o el canal de comercialización, Japón suele ser un país muy estricto en los parámetros de calidad de la fruta de limón, seguido de Europa y E. U. (Aguilar *et al.*, 2013).

Más del 33.3% de los comerciantes compran el limón que proviene de San Pedro Evangelista, entre el 15 y el 20% el limón que se comercializa en los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucán proviene de los estados de Oaxaca y Chiapas. El 20% de los entrevistados mencionó que el precio de venta del limón en la zona sur es de \$10.00/kg, entre el 10 y 15% de los entrevistados mencionó que los precios alcanzan un valor de \$12/kg, y un selecto grupo entre el rango del 10 al 15% menciona que experimentaron valores de \$50/kg de fruto de limón (Figura 2). La cuenca del Papaloapan Oaxaca es un zona productora de limón importante, y en los últimos años aumento a un 86% de la superficie cultivada, últimamente los productores de limón tienen un desconocimiento acerca

del mercado del limón; pero conocen las exigencias de sus principales clientes, como son calibre, color del producto, la ausencia de defectos, rugosidad y grosor de cáscara, y los principales clientes son intermediarios, emparadoras regionales, el 67% de los productores de limón venden a intermediarios regionales y foráneos, esto podría significar que algunos municipios cercanos a la cuenca del Papaloapan de otros lugares de Veracruz, podrían ser compradores intermediarios foráneos, ya que la Cuenca del Papaloapan abarca municipios de Oaxaca y Veracruz, también es importante recalcar que los productores con mayor tecnología y capacitación tiene acceso a mejores precios en el mercado y colocar la fruta en mercados más exigentes (López *et al.*, 2020).

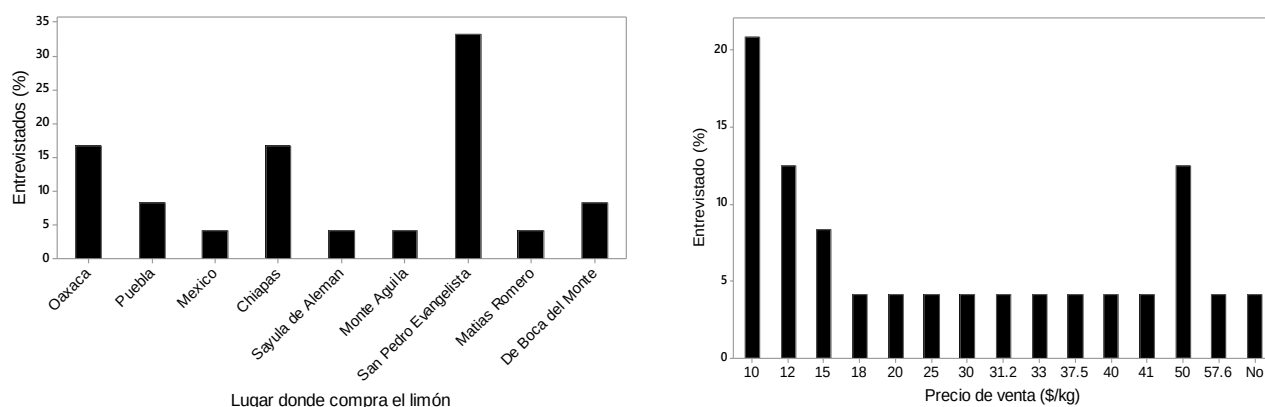


Figura 2. Lugares donde los comerciantes compran el limón para la venta y los precios para la venta al público.

Por otra parte, en el diagnóstico realizado los comerciantes mencionaron que el 25% vende al día 2 rejas de limón, entre el rango del 10 al 15% de los entrevistados vende entre 1 y 3 rejas al día, seguido de un grupo menor al 10% de los comerciantes que vende entre 10 rejas al día (Figura 3).

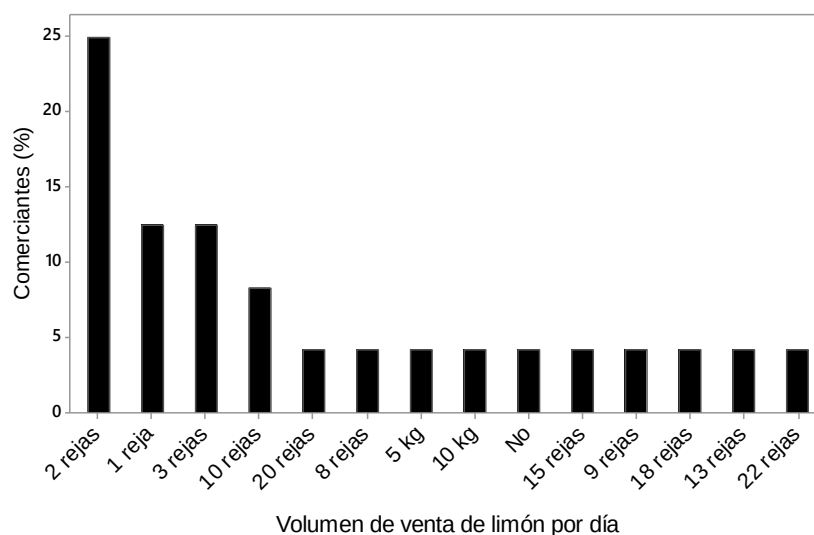


Figura 3. Volumen de venta del limón al público por día en la zona sur (Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan) de Veracruz.

Los meses que se vende el limón en la zona de Jesús Carranza, Sayula de Alemán y Acayucan, se observó que más del 12% de los entrevistados respondieron que la venta de limón se concentra con buen volumen de venta en los meses de marzo a octubre; un rango del 8 al 10% de los entrevistados mencionó los meses de mayo a diciembre y diciembre, otro grupo entrevistado mencionó que existen

varios meses en el año, hay algunos que consideran los meses de marzo a noviembre y otros de febrero a octubre (Figura 4).

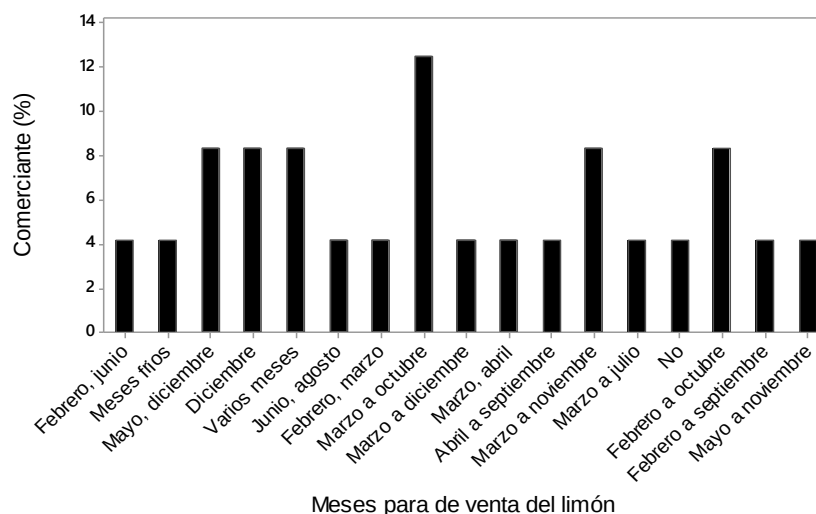


Figura 4. Meses donde se vende el fruto de limón en los municipios de Jesús Carranza, Sayula de Alemán y Acayucan.

En el análisis multivariado se obtuvo que existe una correlación positiva entre los meses de venta del limón y el lugar donde compran los limones para la comercialización, pero también se relaciona con los meses de mayor venta, con el lugar de residencia de los comerciantes; otro de los resultados observados fue que la comercialización del limón está correlacionado con el tipo del sexo de los comerciantes, el origen de los frutos de limón para la venta, los kg/reja que se venden, el volumen en kg de los frutos que componen las rejas para la comercialización (Figura 5).

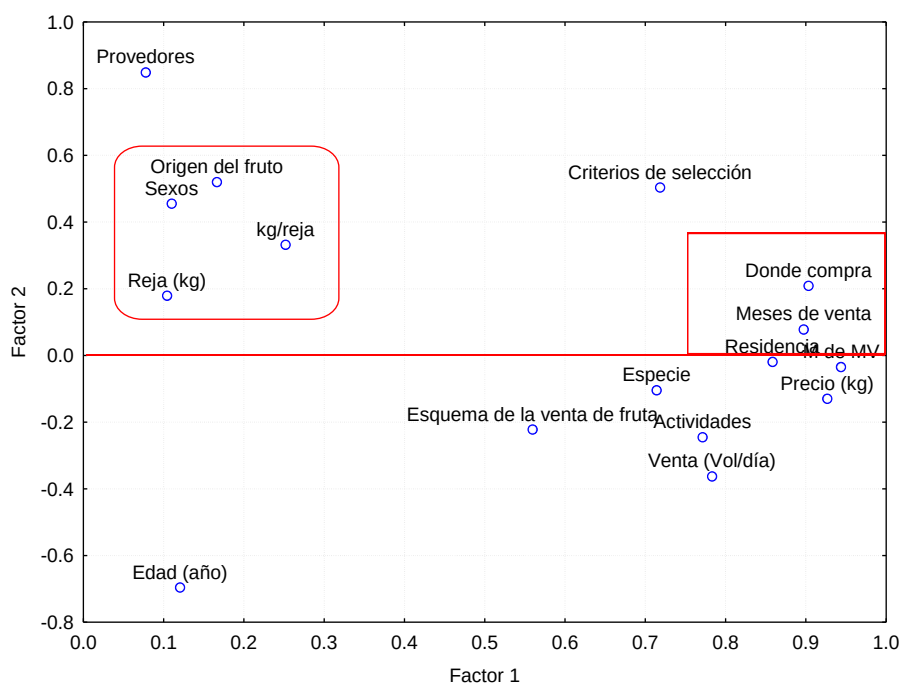


Figura 5. Análisis multivariado por factores (1 y 2) del mercado de limón persa en la zona de Jesús Carranza, Sayula alemán y Acayucán.

Uno de los principales problemas detectados en los eslabones de la cadena de suministro del limón persa en el Distrito Citrícola de Martínez de la Torre, Veracruz, es la baja productividad del huerto, un exceso en el intermediarismo entre el huerto y las exportadoras, la baja adopción tecnológica o el uso de tecnología hechiza en los procesos de empaque citrítico (Fernández *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

El limón que se comercializa entre los municipios de Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan es el limón persa, existe un buen potencial para el limón criollo; también la encuesta arrojó que la población de los comerciantes de estos municipios es masculina en su mayoría. Se observó que hay buena concentración de fruta de limón para la venta a partir de marzo a octubre, y en diciembre algunos comerciantes experimentan buenos precios, por lo que el precio de kilogramo de limón puede ascender a 50 pesos mexicanos en buenas temporadas de venta. Los principales proveedores de limón provienen de los estados de Oaxaca y Chiapas y de los municipios y localidades cercanos a Jesús Carranza, Sayula de alemán y Acayucan. Existe oportunidades para los pequeños productores para el establecimiento de limón persa en la zona sur del estado de Veracruz, por la ventana de mercado que se presenta en los meses marzo a noviembre.

LITERATURA CITADA

- Aguilar A. J., Vaquera V. A., Almaguer V. G., Leos R. J. A., Avendaño R. B. 2013. Costos de cumplimiento de inocuidad de empacadoras exportadoras de limón persa en Veracruz, México. *Investigación y Ciencia*, 21 (57):40-40.
- Barreras-Zayas, I. 2019. Administration and distribution of citrus products in the Évora Region, Sinaloa. *Revista electrónica sobre cuerpos académicos y grupos de investigación en Iberoamérica*, 6(12): 1-16.
- Caamal C. I., Jerónimo A. F., Pat F. V. G., Romero G. E., Ramos G. J. G. 2014. Análisis de los canales de exportación del limón persa del municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuario Tuxpan*, 2(3): 183-191.
- Campos-Herrera, R., Pathak, E., El-Borai, F. E., Schumann, A., Abd-Elgawad, M. M., and Duncan, L. W. 2013. New citriculture system suppresses native and augmented entomopathogenic nematodes. *Biological Control*, 66(3): 183-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.05.009>
- Fernández L. G., Aguilar L. A. A., Martínez C. G., Ruvalcaba S. M. L. G., Correa M. J. G., Martínez F. J. L. 2015. Contexto y caracterización de la cadena de suministro del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Veracruz, México. *Conciencia y Tecnología*, 50: 21-31.
- Fouad-Abobatta, W. 2020. Citriculture and Climate Change. Modern concepts and developments in agronomy, 6(3). doi:10.31031/MCDA.2020.06.000639
- López H. W. A., Garza B. L. E., Cruz G. B., Nieto A. R., 2020. Competitividad del limón persa en la región del Papaloapan, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(4): 921-934.
- Maya-Ambía, C. J. 2017. Mexican Fruit Citrus in Japan's Market: Experiences and Opportunities for Sinaloa. *México y la Cuenca del Pacífico*, 6(6): 107-142.
- Otmani, M., Coggins Jr., C. W., Agustí, M., and Lovatt, C. J. 2010. Plant Growth Regulators in Citriculture: World Current Uses. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(5): 395-447.

- Sánchez-Torres, Y., Matus-Gardea, J. A., García-Salazar, J. A., Martínez-Damián, M. A., and Gómez-Cruz, M. A. 2011. Estimate of the demand of importations of persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) in United States provinent from Mexico (1994-2008). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3): 819-827.
- SIAP. (2018). Atlas Agroalimentarios- Datos abiertos.
- Siddique, M. I., and Garnevska, E. 2017. Citrus Value Chain: A Survey of Pakistan Citrus Industry. *Agricultural Value Chain*. doi:10.5772/intechopen.70161
- Simoes, D., Cabral, A. C., and Andre de Oliveira, P. 2015. Citriculture economic and financial evaluation under conditions of uncertainty. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4): 859-869. doi:https://doi.org/10.1590/0100-2945-257/14
- Vacante, V., and Bonsignore, C. P. 2012. Implementation of IPM in Citriculture. *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*, 1(1): 28-55.
- Valencia-Sandoval, K., and Duana-Avila, D. 2019. Citrus in Mexico: Technical Efficiency Analysis. *Análisis Economico*, 34(87): 269-283.
- Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., y Orozco-Cirilo, S. 2020. Evolución de la especialización y competitividad de la producción de limón en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5):1043-1056.
- Yesuf, M. 2013. Pseudocercospora leaf and fruit spot disease of citrus: Achievements and challenges in the citrus industry: A review. *Agricultural Sciences*, 4(7):1-5. doi:10.4236/as.2013.47046.

FACTORES DETERMINANTES PARA EL CONTROL DE *Conotrachelus crataegi* WALSH EN HUERTOS DE TEJOCOTE: SIERRA NEVADA DE PUEBLA

Juan Morales-Jiménez¹
Arturo Huerta-De La Peña¹
Martha Lilia Rosas-Alfaro¹
Andrés Pérez-Magaña¹

¹Colegio de Postgraduados – Campus Puebla, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla
morales@colpos.mx

RESUMEN

Los productores de la Sierra Nevada de Puebla han adquirido y heredado conocimiento acerca de las plagas y enfermedades del tejocote, así como su manejo. Varios son los factores que condicionan el manejo de los huertos, así como para el control de las plagas y enfermedades, que van adquiriendo resistencia de las plagas a productos químicos, la falta de información de los diferentes ciclos biológicos de los insectos y, el costo de los insumos, entre otros factores que inciden en la reducción de los potenciales beneficios económicos de este frutal en la región Sierra Nevada de Puebla. El objetivo de la investigación fue determinar los factores socioeconómicos y productivos que indican en el control del barrenador (*Conotrachelus crataegi* Walsh) en los huertos de tejocote en los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo, en Puebla. Se diseñó y aplicó una encuesta con una muestra simple aleatoria, encuestando a 125 productores de tejocote. Se sistematizaron los resultados y se realizaron análisis descriptivos y una regresión binaria para explicar las principales variables que inciden el control del barrenador. Actualmente, en la zona de la Sierra Nevada de Puebla, el barrenador del tejocote es la principal plaga debido a que afecta el 61% de la producción final de tejocote. Los resultados indican que los productores con mayor superficie son quienes ponen mayor cuidado a sus árboles debido a que obtienen mayor rendimiento por hectárea que finalmente representa mayores ingresos.

Palabras clave: *Crataegus* spp, control del barrenador, ingresos

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción agrícola se encuentra formado por diversos elementos que definen su estructura, los cuales se vinculan con la finalidad de cumplir objetivos precisos y con base a estos definen límites que facilitan el análisis para saber cómo es, cuál es su función y que factores lo favorecen o limitan. El sistema de producción agrícola tiene una dinámica que es la que determina la evolución de su estructura y funcionamiento. Esta dinámica está condicionada principalmente por los objetivos del productor. La actividad agrícola tiene como objetivo proveer a la población creciente las cantidades de alimentos y a la par proveer un ingreso satisfactorio para el agricultor (FAO-IFA, 2002). Con los conocimientos empíricos que los agricultores poseen y le permiten configurar su cosmovisión, conocimientos que cada uno va adquiriendo generación tras generación, tomando en cuenta principalmente las condiciones socioeconómicas, ecológicas y productivas que conforman el entorno y configuran su forma particular de vida (Vidal *et al.*, 2014).

El crecimiento de la producción agrícola actualmente, es insostenible, debido a sus impactos negativos sobre los recursos naturales y el medio ambiente. Una tercera parte de la superficie dedicada a la agrícola está degradada, se ha perdido hasta el 75% de la diversidad genética de los cultivos y el 22% de las razas de ganado están en riesgo. También se calcula que más de la mitad de las poblaciones

de peces están completamente explotadas y, en la última década, aproximadamente unos 13 millones de hectáreas de bosques al año fueron transformadas para otros usos (FAO, 2014).

A nivel nacional, durante el año 2019 la producción de tejocote se estimó en 5,521.82 ton, mientras que en el mismo año en el estado de Puebla fue de 5,336.94 ton, lo que representa un 96.7% del total nacional. La sumatoria de la producción obtenida en los municipios de Calpan, Huejotzingo y Domingo Arenas, fue de 1974.86 ton, aportando un 40.75% de la producción estatal (SIAP, 2019). Los datos indican la importancia del cultivo y la necesidad de tomar medidas de control para reducir la incidencia de las plagas y enfermedades en la producción, así como la implementación de prácticas de manejo adecuadas en el sistema productivo de tejocote, con la finalidad de tener un producto de mayor calidad e inocuo, que en ocasiones ha generado daño en la total de la producción. A nivel mundial cada año la producción agrícola tiene una merma entre 20% hasta un 40% por efecto de las plagas y enfermedades (FAO, 2016). Existen varias acciones como la realizada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla, a través de campañas de manejo fitosanitario. Sin embargo, algunos productores no realizan algún tipo de control, solo recolectan el fruto; en contra parte otros productores ya están exportando, cumpliendo las normas fitosanitarias y calidad comercial de fruto (CESAVEP, 2020). Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue determinar los factores socioeconómicos y productivos que indican en el control del barrenador (*Conotrachelus crategi* Walsh) en los huertos de tejocote en los municipios señalados en esta entidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió los municipios de Calpan, Domingo Arenas y Huejotzingo pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla, en el estado del mismo nombre. El Tamaño de muestra se determinó considerando un padrón de productores de tejocote que fue proporcionado por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Puebla (CESAVEP), un total (N) de 1371 productores que cultivan 1,528.68 hectáreas. Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó el método de muestreo simple aleatorio, utilizando la varianza máxima con un nivel de confianza del 98% y un error estándar del 10% (Cochran, 1974). El tamaño de muestra (n) obtenido fue de 125 productores de tejocote, el cual fue distribuido de manera proporcional en 10 comunidades de los tres municipios del área estudio aplicándose en el año de 2015.

Diseño del instrumento

Para entrevistar a los productores se diseñó un cuestionario basado en la encuesta de Figueroa (2011), adaptándola a los parámetros deseados acerca del tejocote; las variables del sistema de producción se estructuró con los siguientes apartados: 1) Datos sociodemográficos, incluyendo principalmente la edad, sexo y escolaridad del productor; 2) Sistema de producción, con las principales variables de superficie y tenencia de la tierra, los cultivos sembrados, así como los frutales asociados; 3) Plagas y enfermedades, incluye las variables tipos de plagas y enfermedades, prácticas de manejo, productos para su control y daños causados; 4) Capacitación y asistencia técnica, asistencia a capacitación, tipo de apoyo que recibe y quien lo otorga; 5) Producción y comercialización, producción anual y en qué mes del año cosecha, a quien vende el producto, precio de venta, costo de producción.

Se sistematizó la información por variable y se empleó el programa estadístico SPSS versión 22.0, con la finalidad de realizar algunos análisis de estadística descriptiva y regresión logística binaria ($p \leq 0,05$); permite predecir o explicar el comportamiento de una variable dependiente en función de una o más variables independientes o explicativas. La variable dependiente es de carácter dicotómico, es decir 0 y 1, que indica ausencia o presencia respectivamente y una o más variables independientes. Se tomó como variable dependiente si realiza las labores al tejocote para el control del barrenador (variable

dicotómica; Sí= 1; No= 0), y las variables independientes fueron: daños del barrenador, utilidad, relación beneficio/costo, producción anual, número de árboles, escolaridad, edad, capacitación, actividades complementarias y superficie; todas las variables fueron numéricas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos sociodemográficos

La edad promedio es de 54 años, el mayor porcentaje se ubica en el rango de 45-55 años; el 86.4% fueron hombres y el 13.6% mujeres. Con respecto a la escolaridad, el 64% tienen primaria, 19% secundaria, 6% preparatoria y solo el 1% tienen una carrera técnica, 4% licenciatura y el 6% no cuenta con estudios.

De las diversas actividades que desarrolla el productor en la agricultura y en las labores del tejocote, el 92.8% se auxilian en las labores agrícolas por jornaleros o por su familia, destacando la ayuda de las esposas. Para complementar sus ingresos el 70% de los entrevistados se dedican a otras actividades productivas como albañiles y músicos; las esposas se dedican principalmente al comercio en los tianguis aledaños a sus municipios, entre ellos Calpan, Domingo Arenas, Huejotzingo, San Nicolás de los Ranchos, San Martín Texmelucan, entre otros.

Tenencia de la tierra

El 80% de los productores está en el régimen de pequeña propiedad, el 20% se distribuye en ejido con predios o parcelas prestadas o rentadas; el 100% de la agricultura es de temporal, con un promedio de 1.125 ha por productor con un mínimo de 0.25 ha y un máximo de 5 ha. El 25% de los productores tienen 1.0 ha destinada al cultivo de tejocote. El 88% de los productores asocia cultivos, principalmente maíz y frijol, calabaza y/o haba, entre otros. El 12% no siembra cultivos en sus huertos, intercala el tejocote con diferentes frutales entre ellos durazno, ciruela, capulín, chabacano, pera y manzana.

El número de árboles

Son 10 como mínimo y el máximo de 1,500 y una moda de 50 árboles. La distribución de los tejocotes en el huerto se da con mayor frecuencia en un arreglo de 5x10 m, con este arreglo en un huerto de 1.0 ha se encuentran 200 árboles de tejocote. Los árboles pequeños tienen una media de 6 años, los medianos de 16 años y los grandes de 34 años.

Labores al tejocote

Durante el año los productores desarrollan diferentes actividades agrícolas a los árboles y al terreno, el 97.6% realiza labores al tejocote y el 2.4% no hace ninguna actividad a los árboles, es decir; únicamente esperan la cosecha. En el cuadro 1 se presentan las diferentes actividades por mes durante un año. Aguilar y Muñoz (2006), comentan que la poda es la labor más importante en la fruticultura de árboles caducifolios.

Cuadro 1. Principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año.

Mes	Actividad
Enero	Podar, encalar, limpiar ¹
Febrero	Podar, encalar, limpiar
Marzo	Fumigar, fertilizar
Abril	Fumigar, fertilizar
Mayo	Fumigar
Junio	Fumigar
Julio	Fumigar, fertilizar
Agosto	Fumigar, fertilizar
Septiembre-Diciembre	Cosecha

Fuente: Datos obtenidos de las encuestas a productores tomando en cuenta los porcentajes más altos en las diferentes actividades por mes. Limpiar¹: Deschuponar, limpiar hileras, hacer cajetes.

Plagas del tejocote

Dentro de los problemas fitosanitarios se encuentran las principales plagas que afectan al tejocote, como el barrenador (*C. crataegi*) daña en un 61% al fruto de tejocote; en segundo lugar, está la mosca con un 23%, defoliadores y barrenadores de ramas entre otros. Muñiz *et al.* (2012), afirman que el fruto es afectado por *C. crataegi*, además, que este insecto barrena la pulpa y el hueso, motivo por el cual ocasiona daños y pérdidas de calidad del fruto.

Un 84% de los productores dice que el barrenador daña todo el fruto, el 4% comentó que daña solamente al hueso y el 12% no sabe exactamente cuál es el daño que ocasiona debido a que ni siquiera lo conocen. El porcentaje de daño por parte del barrenador del tejocote se ubica en el intervalo de 0-25% de daño con un 48% de productores que son afectados por el barrenador.

Enfermedades del tejocote

El tejocote presenta diversas enfermedades durante su desarrollo, actualmente la roya ha pasado al primer lugar, el 65% de los productores coinciden en que es un problema grave debido a que afecta al fruto del tejocote principalmente. Resultado que coincide con Nieto (2014), encuentra que la roya (*Gymnosporangium clavipes*) se ha vuelto una enfermedad de importancia económica ya que provoca una deformación del fruto, aunque también dañas las hojas. También se presentan otras enfermedades en este frutal como la roña, el tizón de fuego, entre otros.

Capacitación y Asistencia técnica

La mayoría de los productores de tejocote no pertenece a alguna organización (81%), solamente se está organizando el 19% de los productores encuestados. El motivo de su organización se debe a que desean asesoría técnica sobre el manejo del tejocote y el control de plagas. Dentro de las instituciones que apoyan se encuentra principalmente el CESAVER, quien proporciona asesoría técnica sin costo, cada mes y un descuento del 50% en el costo de los insecticidas que se utilizan para los frutales. Otra institución que destaca es el Colegio de Postgraduados, Campus Puebla con asesoría técnica por parte de sus investigadores; generalmente, cada ocho días. Algunos productores comparten información sobre el manejo del cultivo o del barrenador principalmente.

Producción y comercialización

La cosecha del tejocote se inicia en el mes de septiembre debido a que algunos productores realizan el corte en verde para venderlo por kilo principalmente para la industria que se dedica a hacer chamoy. Generalmente los productores se llevan dos meses para realizar el corte del tejocote, el 49.6% realiza el corte en diciembre y enero, comentan los productores que diciembre es el mes en que cosechan la mayoría, dejando algunos frutos aún para enero. Aunque algunos otros productores (22.4%) empiezan a hacer el corte conforme su tejocote va madurando o según convenga el precio del mercado.

La producción total de cajas de tejocote que el productor cosecha cada año, un mínimo de cero cajas y un máximo de cinco mil cajas. Con una moda de 150 cajas por productor. Para la venta del tejocote algunos productores lo clasifican, otros no lo clasifican y otros lo clasifican y además lo venden verde (por kilo). Principalmente lo venden a los intermediarios (53.6%), los cuales llegan hasta su casa por el producto; algunos otros productores lo llevan al mercado o central de abastos (23.2%) ya sea en Puebla o en el estado de México.

Con respecto al precio de venta del tejocote está condicionado a la calidad del fruto y este se vende principalmente por caja de 20 kilos; el precio por caja en promedio el año 2015 estuvo en \$ 60.00 pesos. El 10% de los productores encuestados realiza alguna transformación al tejocote, principalmente en almíbar, pero únicamente para autoconsumo.

Costo por mes y actividad al tejocote

En el Cuadro 2 se realizó un estimado de los jornales según las actividades deducidas de los resultados de las encuestas a los productores de tejocote en el año 2015. Durante el año 2014 se realizaron las actividades de podar, encalar, limpiar, fumigar, fertilizar y cosechar el fruto, el total de los jornales utilizados fue de 42, con un costo de \$6,800.00. La generación de esta información, fue por medio de los datos obtenidos de la moda de los árboles de tejocote, 50 por productor. Las actividades las realiza generalmente el productor y un jornalero, en este caso se está tomando en cuenta el pago del jornalero y del productor. Cuando los productores ocupan jornaleros para fumigar el costo es de \$200 por jornalero.

Cuadro 2. Costos de los jornales de las principales labores culturales y prácticas de manejo aplicadas al tejocote en un año.

Mes	Actividad	Jornales	Costo Jornal (\$)	Costo total (\$)
Enero	Podar, encalar, limpiar	2	150	300
Febrero	Podar, encalar, limpiar	2	150	300
Marzo	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Abril	Fumigar, fertilizar	2	200	400
Mayo	Fumigar	2	200	400
Junio	Fumigar	2	150	300
Julio	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Agosto	Fumigar, fertilizar	2	150	300
Septiembre	Cosecha en verde	7	150	1050
Octubre	Cosecha fruto precoz	7	150	1050
Noviembre	Cosecha plena producción	7	150	1050
Diciembre	Cosecha finaliza	7	150	1050
Total		42		6800

Fuente: Datos obtenidos de las encuestas a productores tomando en cuenta la moda de 50 árboles por productor de tejocote, sin importar la superficie. n=125 productores, P≤0.02

En el Cuadro 3 se proporcionan los costos de las diferentes actividades que los productores realizan al tejocote. Sobresalen la fertilización, fumigación y transporte del tejocote. Con un promedio total contemplando, las actividades y los jornales; con un costo de \$14,360.12. Gasto que en promedio están realizando los productores por las actividades que realizan al tejocote (2014). Obteniendo un ingreso promedio de \$28,775.04, con una utilidad promedio de \$14,297.03 y una Relación Beneficio/Costo de 2.3.

Cuadro 3. Costo total promedio de las actividades para la producción de tejocote (2014), en el área de estudio.

Concepto	Costos
Total de jornales	8213.28
Fertilizar	3887.72
Fumigar	1321.2
Transporte	937.92
Costo total	14360.12

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la encuesta aplicada a los productores n=125, P≤0.02

La cosecha de tejocote proporciona un beneficio de dos veces lo invertido en los gastos que el productor realiza; es decir, su ingreso es el doble del costo que está invirtiendo. Por lo tanto, a pesar de tener daños en el tejocote los productores están teniendo un beneficio en el ingreso de la producción, cabe mencionar que, con un manejo del tejocote y un control adecuado del barrenador, los ingresos de los productores probablemente sean mayores.

Regresión Logística Binaria

Para el análisis de regresión logística, el bloque 0 indica que hay un 52% de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente, asumiendo que los productores de tejocote de la Sierra Nevada de Puebla sí realizan actividades al tejocote. Para la bondad de ajuste del modelo, las pruebas de ómnibus de coeficientes del modelo para el bloque 1, la puntuación de eficiencia estadística de ROA indica que hay una mejora significativa en la predicción de la probabilidad de ocurrencia de las variables dependientes (Chi cuadrado 37.188; gl: 12; p<0.001). El valor de R cuadrado de Naglekerke indica que el modelo propuesto explica el 35.8% de la varianza de la variable dependiente (0.358). Para el análisis de regresión logística el bloque 1 indica que hay un 69.7% de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente, cuando se conocen los daños, la relación beneficio costo y la superficie.

Modelo de Regresión Logística Binaria:

$$\text{Manejo del tejocote} = 0.888 - 0.029 \text{ Daños} - 0.510 \text{ Relación Beneficio-Costo} + 0.987 \text{ superficie}$$

La puntuación de Wald para el modelo probado indica que las variables independientes aportan significativamente a la predicción de la variable dependiente. Los resultados obtenidos se pueden generalizar a la población de productores de tejocote (Daños: Wald 8.896; gl: 1; p<0.003; Relación Beneficio-Costo: Wald 5.906; gl: 1; p<0.015; Superficie: Wald 5.665; gl: 1; p<0.017). Por lo tanto, el modelo indica que los daños en el tejocote están incrementando porque los productores no realizan labores al tejocote. En el caso de la Relación Beneficio-Costo este disminuye si los productores no realizan actividades a sus árboles frutales. La variable independiente, superficie indica que al tener mayor área se tendrán más árboles, debido a esto se realizarán más actividades, motivo por el cual habrá una mayor producción que implica un incremento en el rendimiento por hectárea, lo que mejora

los ingresos y la utilidad a los productores de los municipios pertenecientes a la Sierra Nevada de Puebla.

CONCLUSIONES

En función del objetivo planteado, se concluye que la falta de información fenológica, biológica y tecnológica tanto del barrenador como del tejocote es determinante para que los productores de la Sierra Nevada de Puebla hagan el manejo del frutal y un control de la plaga. El control del barrenador tiene una relación directamente proporcional al tamaño de la superficie del productor posee; además de que a menor percepción o valoración del daño menor será el manejo para el control de barrenador, y sobre todo menor recuperación de los costos incurridos menor será dicho control. Por lo que muchos productores tienen otras actividades productivas o de servicio para garantizar un ingreso económico a las unidades familiares, dejando de manera marginal la producción de tejocote, al realizar mínimas labores, mínimos gastos que favorecen la incidencia de la plaga.

LITERATURA CITADA

- Aguilar M. J. J.; Muñoz P. R. B. 2006. Como podar frutales caducifolios. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. 33 p.
- CESAVEP. 2020. Programa de trabajo integral del incentivo servicio fitosanitario en apoyo a la producción para el bienestar y prevención, control o erradicación de plagas fitosanitarias, en el estado de Puebla, del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria, ejercicio fiscal 2020, con recurso de origen estatal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/303521/Manejo_fitosanitario_de_frutales.pdf. Revisado el 20 de agosto 2021.
- Cochran W. G. 1974. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental, S. A. (CECSA). México. 507 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. El pacto mundial contra las plagas de las plantas conmemora sus 60 años de actividades. 2 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Agricultura sostenible. 14 temas. Post-2015 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Alimentar a las personas, nutrir al planeta. Informe temático. 2 p.
- FAO-IFA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes). Los fertilizantes y su uso. 2002. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Roma. 77 p.
- Figuroa B. R. 2011. Incidencia del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* Smit en Ocoyucan, Puebla y actividad bioinsecticida de semillas de *Carica papaya* L. y *Trichilia havanensis* Jacq. Tesis de Doctorado en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 195 p.
- Muñiz M. M.; Cibrián T. J.; Nieto A. R. 2012. Fuentes de atracción y preferencia de oviposición de *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae) en *Crataegus* spp. (Rosaceae: Maloideae). Revista Chapingo, Serie Horticultura. 18(1):21-37.
- Nieto L. E.H. 2014. Identificación y epidemiología de la roya del tejocote (*Crataegus* spp.) – Enebro (*Juniperus* spp.) en el Eje Neovolcánico, Pue. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 94 p.

- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Producción Agrícola. Estado de Puebla. Ciclo: Cíclicos y perennes. Modalidad: Riego + Temporal. Tejocote. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/por-estado> [Fecha revisión: 11 junio 2016].
- VIDAL H. L.; LÓPEZ M. H.; VIDAL M. N. A.; RUIZ B. R.; CASTILLO R. D. G.; CHIQUITO C. R. G. 2014. La situación de las Annonaceae en México: principales plagas, enfermedades y su control. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 36(1): 44-54.

RUBROS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS DE CONEJOS ALIMENTADOS CON GERMINADO DE MAÍZ CRIOLLO (X'NUUK NA'AL)

Martha Alicia Cázares-Morán¹
Jaime Durango Sosa-Madariaga¹
Esmeralda Cázares-Sánchez¹
Víctor Manuel Interián-Ku¹

¹Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Km 22.5 carretera Chetumal-Escárcega. Ejido Juan Sarabia. Quintana Roo, México
martha.cm@zonamaya.tecnm.mx

RESUMEN

En la producción de carne de conejo la demanda nacional de alimento balanceado asciende a 14 mil toneladas y éste representa del 60-70% de los costos de producción, por ello es necesario buscar alternativas de alimentación que eleven la rentabilidad al reducir los costos variables de producción. En el presente trabajo se realizó un estudio económico y evaluación financiera en un sistema de producción de conejos en engorda en el sur de Quintana Roo, con diferentes niveles de adición de germinado de maíz elaborado con sustrato de cachaza de caña de azúcar, mismo que es disponible en la Ingenio de San Rafael Pucté. Los indicadores económicos calculados fueron la utilidad neta (UN), punto de equilibrio (PE), flujo Neto de Efectivo en el año 5 (FNE5), valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio costo (R B/C). Los resultados indican valores superiores en T3 (50% de germinado de maíz) para la UN, PE, FNE5 y para los indicadores financieros (VAN, TIR y RB/C). Se concluye que las dietas en conejos en engorda con niveles del 25 y 50% de germinado de maíz cultivado con sustrato, presentaron una relación económica y financiera satisfactoria, con indicadores favorables y más aceptables. El germinado de maíz elaborado con composta de cachaza de azúcar como sustrato, es una alternativa para la alimentación de conejos, que eleva la rentabilidad al reducir los costos variables de producción.

Palabras clave: Sustrato, utilidad neta, VAN, TIR, R B/C

INTRODUCCIÓN

En México la cunicultura ha adquirido en los últimos años un desarrollo productivo y tecnológico siendo una fuente de ingresos para productores dedicados a esta actividad, por lo que se buscan técnicas y métodos que favorezcan su producción (Trujillo *et al.*, 2019). El consumo per cápita de carne de conejo en México se estima en 150-200 g promedio al año, y representa alrededor del 0.5% del total de los diferentes productos cárnicos, por lo que existe una demanda nacional potencial de aproximadamente 14 mil toneladas anuales (Gómez, 2019). La cunicultura enfrenta incrementos en los costos de producción en particular de las materias primas, los concentrados en la engorda de conejos representa el 79% de los costos variables, debido a que en la actualidad los alimentos comerciales se encuentran a precios muy elevados (Aceves-Martínez, 2019). La semilla de maíz, al germinar, atraviesa por una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes, el germen del embrión de la futura planta es una reserva de energía en forma de carbohidratos y lípidos, capaz de transformarse en pocos días en una plántula con un crecimiento acelerado presentando poco contenido de fibra, un alto contenido en proteína, y alto concentrado de lisina y triptófano, con aminoácidos en forma libre y son aprovechables más fácilmente por los animales que la consumen (García, G. *et al.*, 2017). El germinado de maíz elaborado con sustrato, es una tecnología que busca obtener biomasa vegetal mediante ambientes controlados y una constante producción (Apráez, E. *et al.*, 2017); además, es

considerado como un insumo de menor costo a través del cual es posible suplir gran parte de las demandas nutricionales de los animales en los sistemas de producción (Balam, L., *et al.*, 2019).

Cosío (2011), señala que para determinar la rentabilidad de un sistema de producción de carne de conejo con diferentes niveles de adición de germinado de maíz con sustrato, se requiere conocer el costo total de la producción para determinar la utilidad neta, los flujos netos de efectivo en el año cinco (FNE5) y determinar la evaluación financiera obteniendo los criterios de rentabilidad como el valor actualizado neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (R B/C). La finalidad del presente trabajo, fue realizar el estudio económico y evaluación financiera en un sistema de producción de conejos híbridos nueva Zelanda, alimentados desde la etapa de crecimiento, engorda y hasta la finalización, con diferentes niveles de adición en la dieta de germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al) en composta de cachaza de caña de azúcar, en el sur de Quintana Roo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el área de cunicultura del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 11, ubicado en las coordenadas de 18°30'57N 88°21'09W, en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo; el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura generalmente varía de 20°C a 32°C, los vientos dominantes son alisios que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (INEGI, 2017).

Manejo experimental y tratamientos evaluados

Para el desarrollo de este estudio se emplearon 18 conejos destetados híbridos de la raza Nueva Zelanda. Se utilizaron seis conejos por cada tratamiento durante un período de 56 días. Los conejos fueron alimentados con una dieta base de concentrado complementada con germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al), cultivado en sustrato de composta de cachaza de caña de azúcar, disponible en el Ingenio San Rafael de Pucté, ubicado en el sur de Quintana Roo. Las dietas en los tres tratamientos evaluados (Cuadro 1), fueron ofrecidas *ad libitum* y tuvieron un período de adaptación de una semana, con la finalidad de que el ciego de los conejos iniciara su función de fermentación de la celulosa del germinado.

Cuadro 1. Tratamientos de adición de germinado de maíz en sustrato suministrados a los conejos de engorda.

Tratamiento	% de adición de germinado de maíz en sustrato	% de concentrado
T1 (Testigo)	0	100
T2	25	75
T3	50	50

Para estimular el consumo, primero se suministró germinado de maíz y posteriormente se les proporcionó el concentrado dependiendo del tratamiento y la edad en semanas de los conejos.

Se realizó el pesaje del alimento ofrecido y rechazado diariamente, con la finalidad de llevar un control del consumo y considerarlo como un costo variable en las corridas financieras. De igual manera se registró el peso vivo de los conejos finalizados a las nueve semanas con una balanza granataria, en cada una de las repeticiones de los diferentes tratamientos. El peso finalizado de los conejos, se utilizó para estimar los ingresos por repetición y tratamiento. Todo lo anterior fue considerado para realizar las corridas financieras y determinar los indicadores económicos y financieros evaluados.

Indicadores económicos y financieros

Se realizaron 18 corridas financieras, seis por cada uno de los tres tratamientos. La fuente de variación de cada corrida financiera en los diferentes tratamientos fue el costo de producción del alimento balanceado y del germinado elaborado con sustrato; el peso promedio por conejo finalizado alcanzado en cada tratamiento, que se reflejó en los ingresos por venta. Para los cálculos de los indicadores se utilizó el programa Excel versión 2013, manejando funciones económicas y financieras.

Una vez finalizado el experimento, se calcularon los indicadores económicos y financieros utilidad neta (UN), punto de equilibrio (PE), flujo neto de efectivo en el año 5 (FNE5), valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio costo (R B/C).

Análisis estadístico

A los datos ordenados se les determinó el promedio de cada tratamiento con el programa el programa Excel versión 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se presentan los promedios obtenidos por tratamiento de los indicadores económicos y financieros UN, PE, FNE5, VAN, TIR y RBC, al adicionar dos niveles de inclusión de germinado de maíz cultivado con sustrato de composta de cachaza en la etapa de desarrollo y engorda de conejos.

Cuadro 2. Promedios de los indicadores económicos y financieros por dieta evaluada.

Tratamiento (Dietas)	UN	PE	FNE5	VAN	TIR (%)	R B/C
T1 (0%)	1,327	718	2,384	1,617	27.82	1.75
T2 (25%)	1,639	624	2,622	2,861	39.90	2.03
T3 (50)	2,159	525	3,104	4,626	55.45	2.72

UN = Utilidad Neta; FNE4 = Flujos Netos de Efectivo año 4; PE = Punto de Equilibrio; VAN = Valor Actual Neto; TIR = Tasa Interna de Retorno; R B/C = Relación Beneficio Costo.

Utilidad Neta

En el estudio económico, la UN a los cinco años que presentaron los diferentes tratamientos, indican un mayor valor en el T3 (50% de germinado de maíz). Maggi (2007) y Cartuche (2014) reportan que el principal insumo de la producción de carne de conejo, es el alimento balanceado que representa entre el 60 y 70% de los costos de producción. En el T3 la adición del 50% de germinado de maíz, cultivado con composta de cachaza, a la dieta de los conejos, afectó significativa y positivamente la eficiencia económica, presentando la mejor UN de los diferentes tratamientos. Las diferencias que existen entre los tratamientos debido al costo del alimento (concentrado + germinado) reflejadas en la UN, coincide con lo reportado por Jones (2000), quien indica que los beneficios están estrechamente relacionados con la variabilidad del costo de producción por unidad producida.

Punto Equilibrio

La variable PE presentó un mejor comportamiento en el T3 (50%), no obstante, el tratamiento testigo presentó un mayor valor para alcanzar el PE. Para este trabajo los valores más bajos del PE se observaron cuando se adicionó 50% de germinado de maíz, cultivado con sustrato, en la dieta de

conejos en desarrollo y engorda; en contraste el mayor valor para el PE fue del tratamiento testigo, lo que indica que este tratamiento presentó un mayor costo variable debido al concentrado administrado a los conejos en engorda. Los resultados encontrados, pueden servir para tomar decisiones relevantes, en el proceso de engorda de conejos alimentados con germinados de maíz, para en un momento determinado, establecer precio de venta por kg de carne de conejo finalizado o bien, para reducir costos innecesarios de producción.

Flujos netos de efectivo

El FNE5 presentó un valor positivo en todos los tratamientos, sin embargo, el valor más elevado se obtuvo cuando se adicionó 50% de germinado de maíz cultivado con sustrato. Este indicador económico permitió ingresos similares a los obtenidos con los conejos alimentados con germinado vs solo concentrado; pero la cantidad de alimento consumida de germinado se reflejó en una reducción en los costos de producción al sustituir concentrado por éste.

VAN, TIR y R B/C

Los indicadores financieros VAN, TIR y R B/C en el T3 presentaron los mayores valores por adición en la etapa de desarrollo y engorda de los conejos del 50% de germinado de maíz cultivado con sustrato. El VAN en T3(50%) de acuerdo a sus FNE5, se demostró este tipo de alimentación en conejos en engorda es capaz de pagar la inversión, así como generar beneficios económicos por el suficiente saldo líquido y es financieramente viable. El resultado de la TIR obtenido por el método de interpolación para T3 (50%) indica que las inversiones y los ingresos reflejados en los FNE de este tratamiento, presentan una rentabilidad anual del 55.45%, por lo que su factibilidad financiera es mayor a la del T2 (25%) y T1 (0%). De acuerdo a estos resultados los productores de carne de conejo, pueden establecer este tipo de estrategias de alimentación que no resulta cara y si beneficiosa al abaratar los costos variables por concepto de alimento, que se refleja en mayores FNE y una mayor rentabilidad. El análisis R B/C probó financieramente ser favorable para T3 (50%), en este sentido las decisiones en cualquier inversión empresarial podrían analizarse de la mejor manera utilizando el análisis de beneficios a costos (Rebollar, R. *et al*, 2021).

CONCLUSIONES

La adición a las dietas del 50 y 25% de germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuknal) producido con sustrato de cachaza de caña de azúcar, en la alimentación de conejos en desarrollo y engorda, permiten obtener beneficios económicos óptimos para los productores del Sur de Quintana Roo, aprovechando insumos disponibles en la región con sistemas sostenibles de alimentación, por la obtención de ingresos suficientes y menores costos totales, que permiten FNE adecuados para obtener indicadores financieros positivos y superiores.

LITERATURA CITADA

- Aceves-Martínez, R. 2019. Análisis económico de la producción cunícola en la región de los Volcanes del Estado de México. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido:<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105885/Documento%20-%20tesis.pdf?sequence=4&isAllowed=y> el 15 de marzo 2021
- Apráez, E. Calderón, D., Guerrero, L. 2017. Valoración nutricional y productiva de diferentes granos de cereales germinados. *Agro Sur*, 45 (2), 11-19. doi:10.4206/agrosur.2017.v45n2-02

- Balam, L., Mendiola, J., Alpuche, A., Vera, F., González, N. 2019. Modelo tecnológico para producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays*. Tesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División académica multidisciplinaria de Los Ríos. Obtenido de: http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3459/1/TESIS_LUIS_GUSTAVO_BALAM_LOPEZ.pdf el 20 de junio 2021.
- Cartuche L., Pascual M., Gómez E.A., Blasco A. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Science*. 2014, 22: 165-177. doi:10.4995/wrs.2014.1747. © WRSA, UPV, 2003
- Cosío Hurtado, J. M. 2011. Los proyectos y los planes de negocios. *Perspectivas* (27), 23-45.
- García, G., Cervantes, F., Ramírez, J., Aguirre, C. Rodríguez, G., Ochoa, F., Mendoza, M. 2017. Determinación de lisina, triptófano y proteína en germinados de maíz criollo y QPM. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 8, número 4, Texcoco jun-jul 2017.
- Gómez, G. 2019. Situación de la producción cunícola en México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. Vol. 6, Suplemento 2. 16-18 octubre. Memoria de artículos en extenso y resúmenes "XLVI Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, AC."
- INEGI 2017. Áreas geográficas de Quintana Roo. Obtenido en www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen_23pdf.
- Jones R. 2000. Cost, distribution of cost, and factors influencing profitability in cow-calf production: a report on research conducted under contract with the Research Institute on Livestock Pricing. Manhattan: Kansas State University.
- Maggi, É. 2007. Carne de conejos: Análisis de cadena alimentaria. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/656710>
- Rebollar, R., Rebollar, S., Dorantes, E. 2021. Análisis económico del uso de *Acacia farnesiana* en la alimentación de conejos. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109681> el 27 de junio de 2021.
- Trujillo, V., Morales, M., Ramos, M., Pacheco, C., Alavez, A. 2019. Aprovechamiento de la cunicultura como estrategia de desarrollo local. Memorias del II Congreso Virtual sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible. EUMED, Universidad de Málaga, España.

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO EN POLLITAS RHODE ISLAND ALIMENTADAS CON GERMINADO DE MAÍZ CRIOLLO TUXPEÑO (X'NUUK NA'AL)

Jaime Durango Sosa-Madariaga¹

Martha Alicia Cázares-Morán¹

Esmeralda Cázares-Sánchez¹

Víctor Manuel Interian-Ku¹

Fernando Ernesto Olvera-Tec¹

¹Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya, km 22.5 carretera Chetumal-Escárcega, Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México
jaime.sm@zonamaya.tecnm.mx

RESUMEN

Los costos de la alimentación en la producción de huevo representan el 75% y los avicultores enfrentan fluctuaciones dramáticas en los costos variables de producción. Quintana Roo no es ajeno a esta problemática y es quizá la principal causa de la muy poca producción de huevo de plato. El germinado de maíz en composta de cachaza de caña de azúcar como sustrato, es una alternativa de alimentación en las aves, favorece la rentabilidad al reducir los costos variables de producción en el sur del estado. La finalidad de este trabajo, fue evaluar la factibilidad económica y financiera en pollitas Rhode Island alimentadas, desde la etapa de cría, recría y prepostura, con diferentes niveles de adición en la dieta de germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al). Las variables a medir fueron utilidad neta (UN), punto de equilibrio (PE), flujo neto de efectivo al cuarto año (FNE4), valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio costo (R B/C). Los resultados indican una mayor UN cuanto se adicionó 30% de germinado de maíz en sustrato y un menor PE con 40% de germinado. Los mayores valores en FNE4, VAN, TIR y R B/C fueron superiores con 30% de germinado de maíz. Se concluye que la alimentación al 30% de germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al) en composta de cachaza de caña de azúcar, presentó el mejor resultado económico de acuerdo con los indicadores financieros obtenidos.

Palabras clave: Sustrato de cachaza, utilidad neta, VAN, TIR, R B/C

INTRODUCCIÓN

La avicultura en México se ha desarrollado a pasos agigantados y hoy es una de las industrias de gran auge, que ha alcanzado un nivel tecnológico de eficiencia y productividad, que puede compararse con la de países desarrollados (Meléndez-Guzmán, 2018). Durante 2017 el comportamiento de la industria avícola representó el 63.8% de la producción pecuaria en México y seis de cada diez personas, incluyen en su dieta alimentos avícolas como pollo, huevo y pavo (Bernardino de Saghún, 2015). Sin embargo, la avicultura enfrenta fluctuaciones dramáticas en los costos de producción en particular de las materias primas y los alimentos balanceados, representan más del 70% de los costos variables, debido a que están sujetos a la fluctuación del tipo de cambio (Ávila, 2015).

En Quintana Roo, el producir alimento a bajo costo se ha convertido en un problema para la avicultura porque, en la mayoría de los casos, los esquilmos agrícolas y los alimentos balanceados son costosos y el productor tiene que comprarlos y transportarlos de las principales ciudades a los poblados rurales. Una solución a este problema, es el uso de grano germinado de maíz, por las características nutritivas de la plántula en la parte aérea y zona radicular, con un bajo contenido de fibra del 8.9% y un contenido en proteína del 13.3% (González-Rodríguez, 2015), con aminoácidos en forma libre que son

aprovechables más fácilmente por los animales que lo consumen (Tarazona-Rengifo, 2006). Otra ventaja de utilizar germinado de maíz como alimento de aves de postura, es el rendimiento de 10 a 12 veces el peso de la semilla en base fresca a una altura de 20 cm aproximadamente, y se puede obtener en un período de 7 a 10 días (Carballo-Mondaca, 2000).

Ante esta necesidad, se realizó un estudio económico y financiero en un sistema de producción de huevo de plato con pollitas Rhode Island para evaluar el efecto de diferentes niveles de adición en la dieta de germinado de maíz amarillo criollo tuxpeño (x'nuuk na'al), producido con sustrato a base de composta de cachaza de caña de azúcar, insumos disponibles en el Sur de Quintana Roo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el predio de un avicultor cooperante, en las coordenadas 18° 30' 16" N y 88° 31' 35" W, en la localidad de Carlos A. Madrazo, ubicada en el kilómetro 25 de la carretera Chetumal-Escárcega, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, a 40 msnm., con un clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y parte del invierno y una temperatura media anual que fluctúa entre los 24.5 y 25.8°C (García, 2004).

Alimentación de las aves

El experimento se llevó a cabo con pollitas de la línea Rhode Island de una semana de edad y con un peso promedio inicial a la segunda semana de 50.74 ± 7.5 g. El periodo del ensayo fue de 18 semanas abarcando tres etapas: la de cría, recría y prepostura. El germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al) en sustrato de composta de cachaza, se suministró a las 8:00 am por separado a las pollitas y dos horas después se les ofreció el alimento concentrado. Se realizó el pesaje por tratamiento de lo ofrecido y rechazado diariamente para llevar un control del alimento consumido.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres niveles de germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuk na'al) en sustrato de composta de cachaza, alimentadas con una dieta base de concentrado, como se muestra en el Cuadro 1.

Se utilizaron en total, 176 pollitas Rhode Island distribuidas al azar en grupos de 44 pollitas por cada tratamiento. La unidad experimental estuvo conformada por 11 pollitas y se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento.

Cuadro 1. Tratamientos con niveles de adición de germinado de maíz en sustrato en pollitas de cría, recría y pre-postura.

Tratamiento	% de adición de germinado de maíz en sustrato	% de concentrado
T1 (Testigo)	0	100
T2	20	80
T3	30	70
T4	40	60

Variables medidas

A las 18 semanas de haber iniciado el experimento, se midió el peso vivo de las pollitas con una balanza granataria en cada una de las repeticiones de los diferentes tratamientos.

Indicadores económicos y financieros

Se estableció un costo variable total de alimento consumido que incluyó el germinado con sustrato y el concentrado para cada repetición y tratamiento, lo anterior fue considerado para realizar las corridas financieras y determinar los indicadores económicos y financieros: UN, PE, FNE4, VAN, TIR y R B/C. De acuerdo al peso obtenido a las 18 semanas, se estimó el valor económico por pollita para calcular los ingresos.

Análisis de la información

Se realizaron cuatro corridas financieras por tratamiento, cada corrida se integró con los ingresos y costos hasta las 18 semanas de crianza de las pollitas por repetición, con un total de 16 corridas financieras, utilizando el programa Excel versión 2013.

Con los resultados se integró una base de datos y se calculó el promedio los indicadores económicos y financieros de cada tratamiento con el programa Excel versión 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2, se indican los promedios obtenidos por tratamiento en las variables económicas y financieras evaluadas por adición de tres niveles de germinado de maíz con sustrato en el concentrado.

Utilidad neta

La UN como resultado del balance en el Estado de Resultados Proforma, presentó un mayor valor cuando se adicionó 30% de germinado de maíz, seguido del grupo de pollitas alimentadas con 20 y 40% respectivamente. Los mayores valores en la UN, fue por un mayor peso obtenido en los tratamientos con germinado de maíz con sustrato que se presentaron en las pollitas hasta las 18 semanas de edad, que se reflejó en superiores ingresos y menores costos de la dieta y los beneficios generados se reducen en gran medida por el costo de la alimentación (Aminu y Hermanns, 2021).

Este rendimiento en el peso vivo, puede ser explicado por qué el maíz al ser sometido a un proceso de germinado se incrementa el valor nutricional del grano, pudiendo mejorar el rendimiento en el crecimiento de las aves, la ganancia de peso y una mejor eficiencia alimenticia (Fafiolu *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Promedios de los indicadores económicos y financieros por dieta evaluada.

Tratamiento	UN	FNE4	PE	VAN	TIR	R B/C
T1 (0%)	1842	9832	26	1075	15.58	1.67
T2 (20%)	2500	10352	23	3714	23.89	2.15
T3 (30%)	3210	10920	19	6464	34.33	2.37
T4 (40%)	2616	10439	21	4216	25.57	2.25

UN = Utilidad Neta; FNE4 = Flujos Netos de Efectivo año 4; PE = Punto de Equilibrio; VAN = Valor Actual Neto; TIR = Tasa Interna de Retorno; R B/C = Relación Beneficio Costo.

FNE4 y PE

Los más bajos valores en PE al cuarto año, se observaron cuando se adicionaron 40 y 30% de germinado de maíz con sustrato en la dieta de las pollitas en crecimiento y desarrollo; contrariamente a estos resultados, el mayor valor para el PE lo presentó el grupo testigo con una dieta de solo concentrado. Lo anterior indica que en la producción de pollitas Rhode Island hasta las 18 semanas de edad, no se gana ni se pierde en niveles de adición de 40 y 30% de germinado de maíz x'nuuk na'al en composta de cachaza en la dieta, cuando se obtengan ingresos entre 18.71 y 21.39% respectivamente. Los FNE4 en todos los tratamientos presentaron valores positivos, el valor más elevado fue cuando se adicionó 30% de germinado de maíz en sustrato; esto indica los ingresos suficientes y los costos totales más bajos, que permiten los FNE4 positivos superiores en las dietas con germinado de maíz.

VAN, TIR Y R B/C

El mayor valor para estos parámetros se obtuvo cuando se adicionó el 30% de germinado de maíz x'nuuk na'al en la dieta de pollitas.

Los resultados obtenidos en el VAN, TIR y RBC con diferentes niveles de adición de germinado de maíz son favorables, ya que son positivos y factibles. Esto significa que los beneficios financieros superan a los egresos, por la disminución de los mismos en las diferentes dietas con germinado de maíz que se les proporcionaron a las pollitas hasta las 18 semanas.

El VAN, TIR y R B/C en el tratamiento que incluyó 30% de germinado de maíz x'nuuk na'al en la dieta en pollitas Rhode Island, de acuerdo a sus FNE4, se observa una base económica sólida, capaz de pagar la inversión, ya que tiene una adecuada tasa de rendimiento y genera beneficios por el suficiente saldo líquido y es financieramente viable.

CONCLUSIONES

La adición del germinado de maíz criollo tuxpeño amarillo (x'nuuknal) cultivado en sustrato de composta de cachaza de caña de azúcar (insumos locales), reduce el costo de alimentación de manera significativa y tienen un impacto positivo sobre la eficiencia económica. Los mejores valores en la UN, FNE4, PE, VAN, TIR y R B/C por inclusión del 30% de germinado en la dieta, representa un recurso potencial a implementar en un sistema de alimentación en pollitas de postura Rhode Island hasta las 18 semanas, para los productores del sur de Quintana Roo.

LITERATURA CITADA

- Aminu, FO; Hermanns U. 2021. Profitability evaluation of poultry production in Lagos state, Nigeria. *Discovery Agriculture*, 2021, 7(17), 37-44.
- Ávila, F. 2015. El momento de la avicultura. *Avicultores* No. 250. <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/revista-250.pdf>. (fecha consulta:17 de julio de 2020)
- Bernardino de Saghún, F. 2015. *Historia General de las cosas de la Nueva España*. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000004365>. (fecha consulta:17 de julio de 020).

- Carballo-Mondaca, C. 2000. *SCIELO*. Obtenido de Manual de procedimientos para germinar granos para alimentación animal: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100029#B3
- Fafiolu, A. O., Oduguwa, O. O., Ikeobi C., O. N., and Onwuka C., F. I. (2006). Utilization of malted sorghum sprout in the diet of rearing pullets and laying hens. *Archivos de Zootecnia*(55), 361-371
- García-Colín, J. 2008. Contabilidad de Costos. Mc Graw Hill. México.
- García Enriqueta. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. ISBN-10 (02) 970-32-1010-4. Última reedición (16). Intituto de Geografía. UNAM
- González-Rodríguez, F.J. 2015. Producción sustentable de biomasa del germinado de maíz en condiciones protegidas en el estado de Yucatán. Tesis de doctorado. Instituto Tecnológico de Conkal. Tecnológico Nacional de México.
- Meléndez-Guzmán, J.R. 2018. Antecedentes de la avicultura en México. *BMeditores*. Obtenido de <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/historia/antecedentes-de-la-avicultura-en-mexico-1551>. (fecha consulta:17 de julio de 2020).

RENTABILIDAD ECONÓMICA DE SIETE PRACTICAS DE MONOCULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ BAJO CONDICIONES DE SECANO EN SERDÁN, PUEBLA

Juan Contreras-Ramos¹
Ramón Díaz-Ruiz¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla
jcontrerasr@colpos.mx

RESUMEN

En la región agrícola de Serdán, el productor tiene una alta dependencia del cultivo de maíz ya que posee en promedio seis hectáreas, por lo que busca manejar a través de fechas de siembra su principal cultivo buscando que le garantice en promedio la mejor estabilidad de rendimientos e ingresos para la seguridad de su familia, por lo que ha privilegiado la producción del monocultivo de maíz, al que puede destinar hasta el 100% de su tenencia agrícola en caso de que el perciba que las condiciones climáticas del ciclo agrícola le pueden ser favorables, por lo que no es de extrañar que la superficie agrícola local oscile en promedio del 60 al 82% de la superficie agrícola cultivada local. Por ello, se ha desarrollado un experimento de largo plazo para estudiar la rentabilidad e impacto en las propiedades fisicoquímicas del suelo de siete sistemas modalidades de producir maíz en monocultivo. En este trabajo se hace un análisis económico de dichos sistemas de producción de maíz en monocultivo, que fueron los siguientes: M135, ME, M110, MC, MH, MF, y MEE (aplicación de estiércol en año par). El objetivo general fue: Determinar la rentabilidad y viabilidad económica de siete prácticas de monocultivo del maíz. Los resultados señalan que, en condiciones de monocultivo, los mejores ingresos netos se obtienen en los sistemas de producción maíz asociado con frijol (MF) o con haba (MH).

Palabras clave: Monocultivos, rentabilidad, clima

INTRODUCCIÓN

En el estado de Puebla, la región agrícola de Serdán, en cuanto a superficie y rendimiento del cultivo de maíz es la segunda zona agrícola en importancia después del valle de Cholula. Ubicada en el altiplano mexicano Serdán cuenta con una agricultura en transición, donde el productor local tiene una alta dependencia del cultivo de maíz ya que posee en promedio un total de seis hectáreas, por ello, busca manejar a través de diferentes fechas de siembra un cultivo que le garantice en promedio la mejor estabilidad de rendimientos e ingresos para la seguridad de su familia, por lo que ha privilegiado la producción del monocultivo de maíz, al que puede destinar hasta el 100% de su tenencia agrícola en caso de que el perciba que las condiciones climáticas del ciclo agrícola le serán favorables.

Las opciones para desarrollar una apropiada secuencia de rotaciones de cultivo que permitan conservar la calidad del suelo y aumente la productividad del mismo, y con ello, la rentabilidad socioeconómica del productor, se ha visto reducida de 1943 a la fecha en un 80%. Esto por un efecto multifactorial que en conjunto ocasionaron que dejaran de cultivarse localmente 25 cultivos afectando la agrodiversidad local, entre los factores que se pueden mencionar destacan: las propias políticas institucionales que privilegiaban la producción de maíz y frijol a través de programas de estímulos como la extensión agrícola y subsidios a la producción, hay una baja rentabilidad de aquellos cultivos en el mercado local que no están contemplados dentro de los programas de apoyo, existe una concentración de mercado y especulación comercial, ha disminuido la fuerza laboral en el sector primario, se ha detectado un cambio climático local que ocasionó el aumento de las temperaturas y reducción de la precipitación (Contreras y Díaz 2021). Por lo anterior comentado, solo se conservan los sistemas de producción más

rentables o complementarios a las necesidades familiares y de la finca rural, como son el maíz, frijol, haba y avena, y en ocasiones el chícharo que se siembra para autoconsumo en áreas pequeñas familiares y cuando es con propósitos comerciales en fechas posteriores a mayo ya tardías para granos básicos. En las décadas de los 70's al 90's del siglo pasado, se intentó por parte de las instituciones introducir cultivos como girasol, veza, colza y triticale con el propósito de aumentar las opciones productivas del productor, pero estos intentos fallaron por diferentes razones alguna de las cuales fueron lo caro de las semillas, falta de maquinaria apropiada, desinterés comercial y la falta de promoción por los técnicos.

La actual superficie agrícola local promedia del 60 al 82% de la superficie agrícola cultivada, observando un alto predominio del maíz en condiciones de monocultivo ya que ante la falta de mano de obra rara vez realiza la siembra del maíz asociado con alguna leguminosa. La producción del monocultivo de maíz por lo general solo varía en aspectos como: las fechas de siembra, el ciclo de las semillas criollas que emplea, y la cantidad y frecuencia del empleo de insumos químicos y orgánicos.

Normalmente la definición de los sistemas de producción agrícolas basados en monocultivos, se hacen con énfasis en la gran agricultura empresarial que se basa en la explotación de la tierra y la compactación de la tenencia de la misma, hace un uso intensivo de tres recursos vitales suelo-agua-cultivo mediante el empleo a gran escala de maquinaria e insumos para buscar la máxima rentabilidad en corto plazo de los recursos explotados así como en los equipos e insumos empleados en la producción, donde además, los mercados de venta y transporte de insumos y cosechas funciona en perfecta armonía (Badii *et al* 2018, Torres *et al* 2018, Saradon 2020). La agricultura comercial moderna, presenta una serie de inconvenientes como son: la pérdida de la biodiversidad natural de la región, la pérdida de la diversidad de los cultivos locales al privilegiar los sistemas mono culturales con base de un reducido número de variedades mejoradas lo que erosiona la variedad genética de los cultivos locales, que termina ocasionando una reducida o en definitiva la pérdida permanente de la resiliencia agrícola local al cambio climático, con lo que aumenta la incertidumbre económica ante los cambios del mercado comercial de los productos agrícolas, hay además un aumento de plagas y enfermedades producto de la pérdida de los enemigos naturales de las mismas, el uso excesivo de insumos aumenta la degradación del suelo (Nicholls *et al*, 2015, Torres *et al.*, 2018, Saradon 2020).

Bajo estas consideraciones, habiendo descrito previamente los aspectos productivos, sociales, ambientales e institucionales que ocurren en la región de Serdán, tenemos a un productor local minifundista en transición, que comparte muchas desventajas de la producción agrícola en monocultivo, y desafortunadamente al parecer ninguna de las ventajas. Dado el predominio del cultivo del maíz en monocultivo o en asociación con leguminosas en la región, se seleccionaron siete prácticas locales comunes con el objetivo general de: Determinar la rentabilidad y viabilidad económica de siete prácticas de monocultivo del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se lleva a efecto en la localidad de Cd Serdán, municipio de Chalchicumula de Sesma dentro de los terrenos agrícolas del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán (18.99° latitud norte, -97.46° longitud oeste). Es un experimento de largo plazo (más de 10 años) por lo que se requiere continuidad y control permanente. Los suelos son arenosos y profundos de tipo Regosol con Influencia de Andosoles. Previamente al estudiar la variabilidad de las lluvias de los ciclos 1943-1974 y 1975-2005 se decidió que las fechas de siembra durante el periodo de estudio del experimento deberían ser en el mes de abril.

Los rendimientos medios de las 7 parcelas con sus cuatro repeticiones de los años 2012-2019, dieron un total de 196 toma de datos durante el periodo en que se estudiaron las prácticas de monocultivo. Los años 2011 y 2015 no se analizaron por haber sido sembrados en el mes de mayo, por lo que se deben estudiar aparte como efecto de las fechas tardías en los rendimientos y rentabilidad del maíz. Los tratamientos que se estudian en permanente práctica de monocultivo son: 1) Maíz 110N-50P₂O₅ con 5 toneladas de estiércol (ME); 2) Maíz 135-50P₂O₅ (M135); 3) Maíz 110N-50P₂O₅ (M110); 4) MC (el maíz no se fertiliza en año impar, en año par se fertiliza de acuerdo al tratamiento 3); 5) Asociación Maíz-Haba 110N-50P₂O₅ (MH); 6) Asociación Maíz-Frijol 110N-50P₂O₅ (MF); 7) 110N-50 P₂O₅ con 5 toneladas de estiércol aplicados bianualmente en año par (MEE); las variedades empleadas durante este periodo del experimento han sido criollas locales. Se actualizaron al 30 de junio del 2021, los precios medios rurales locales a los que los productores venden sus productos maíz (\$ 5.0 kg), haba (\$20.0 kg), frijol (\$ 7.0 kg). No se incluyeron los ingresos del uso del rastrojo del maíz, puesto que localmente el productor prefiere que este subproducto sea incorporado, quemado o regalarlo. Los costos totales de producción (CTP), para obtener los ingresos netos totales (INT) positivos y en su caso negativos se obtuvieron directo en campo. Se consideraron también los costos del productor (CPs) en donde se descuentan los gastos de jornales familiares, los insumos y equipos empleados en la producción y algunas actividades específicas que se realizan en los cultivos. El análisis estadístico de los rendimientos entre años y tratamientos se realizó con la versión InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Todos los ingresos obtenidos, los costos de producción y los costos del productor, se incluyeron en cada parcela con sus repeticiones en los siete años de este estudio. Se consideraron los rendimientos medios de cada año y parcela para determinar los ingresos económicos totales, los costos locales de producción y los costos del productor, se consideró para el análisis los rendimientos e ingresos que el productor obtienen en una hectárea, para una análisis socioeconómico y productivo más preciso se deberá incluir la superficie promedio del productor y los productos y subproductos derivados de la actividad agrícola que se emplean para las necesidades de la familia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos medios de grano de maíz del estudio tanto en años como entre tratamientos fueron en promedio de 4100 Kg·ha⁻¹ superiores en 600 a 800 Kg·ha⁻¹ a la media del productor, la variación de los rendimientos de grano son tal que del año 2016 (6070 Kg·ha⁻¹) al 2019 (1377 Kg·ha⁻¹) hay una diferencia de 4773 kilogramos producto de lo errático del clima local en la presente década (Cuadro 1). La incertidumbre del productor ante el cambio climático suele provocar algunas respuesta con respecto al uso de insumos, de acuerdo a Ramírez (2018), en la región de Serdán los productores suelen manejar la aplicación del nitrógeno adelantando o retrasando su aplicación, también modifican las veces y cantidad a aplicar de este insumo de acuerdo al comportamiento de las lluvias.

El cuadro 1, nos permite determinar que el mejor rendimiento durante el periodo de estudio se dio en el tratamiento 6 al asociar el maíz con el frijol (MF) obteniendo 4.9 ton·ha⁻¹ en promedio durante el periodo de estudio superando en 850 Kg·ha⁻¹ al tratamiento tres (M110) ambos con la misma dosis de fertilización química. Lo que indica que el frijol está incorporando alrededor de 23 a 25 kilogramos de nitrógeno adicional a través de la fijación biológica de este nutriente que puede ser empleado por el maíz. Valores similares se observaron en el 2014 entre estos dos tratamientos. Pero estos valores obtenidos en este estudio en forma indirecta, pueden variar notablemente por condiciones de sequía o por el genotipo empleado como lo sugiere Reinprecht *et al* (2020), recomendando que se evalúen y desarrollen variedades de frijol para este tipo de sistema de producción.

Cuadro 1. Análisis estadístico de los rendimientos de maíz entre años, y entre los tratamientos que se estudiaron ciclos 2012-2014 y 2016-2019.

Análisis estadístico rendimiento de los años		Análisis estadístico de las prácticas de monocultivo estudiadas ciclos 2012-2014 y 2016-2019			
Año	Ȳ (Kg·ha ⁻¹)	Tratamiento	Ȳ (Kg·ha ⁻¹)	LSD means	DMS (Kg·ha ⁻¹)
2016	6070 a	MF	4900	a	588
2018	5071 b	MEE	4669	ab	
2017	4769 b	MH	4260	bc	
2012	4673 b	M135	4257	bc	
2013	4080 c	M110	4050	c	
2014	2700 d	ME	4033	c	
2019	1337 e	MC	2535	d	
Promedio	4100	Media	4100	CV 27%	

El cuadro 1, nos permite también comparar el tratamiento 5 con la asociación maíz-haba (MH) con un rendimiento medio de 4.26 ton·ha⁻¹ en promedio, una vez más con el tratamiento 3. Aquí las diferencias en rendimientos entre ambos tratamientos solo son de 260 Kg·ha⁻¹ a favor de la asociación MH mismos que son comparables estadísticamente a los rendimientos del tratamiento 2 (M135) cuya fertilización fue de 135N-50P₂O₅ por hectárea. De acuerdo a Yigezu *et al* (2019), el haba tiene un gran impacto como cultivo de rotación, proporcionando una mayor disponibilidad de fósforo, además de fijar el nitrógeno.

Los sistemas de asociación con maíz, por muy productivos y rentables que aquí se presentan, tienen las siguientes desventajas: son más propios para traspacios o áreas minifundistas con exceso de mano de obra; no hay maquinaria apropiada para la cosecha de dos cultivos disímiles en la forma de ser cosechadas, al menos en México, por lo que requieren de jornales extras con respecto las mismas especies cultivadas por separado; hay poca investigación al respecto y por consiguiente poca difusión; van en contracorriente de las tendencias políticas y económicas con respecto a la explotación comercial del suelo-cultivo-agua; se dificulta la forma de evaluar estadísticamente este tipo de experimentos (Ebel *et al*, 2017).

Resultado del análisis económico.

Con los rendimientos medios del maíz para cada tratamiento estudiado (Cuadro 1), se procedió a realizar el análisis económico obteniendo los ingresos totales derivados del grano de maíz y en su caso del haba y frijol. Al restar el valor de la producción total y el valor de la producción considerando las acciones propias del productor se obtuvieron los Ingresos Netos Totales y los ingresos CPs (Figura 1).

Los resultados son muy semejantes al análisis estadístico realizado, donde sobresalen las asociaciones del maíz con el haba y el frijol. Solo que en este caso las diferencias entre ellos son de \$ 1700 pesos en los INT a favor del tratamiento MF, o de \$ 1300 si consideramos los CPs de ambos.

En cuanto al uso de la fertilización química y la aplicación de abono orgánico, la figura 1 nos ayuda a determinar que los tratamientos 1 (110N-50P₂O₅ con 5 toneladas por hectárea aplicados todos los años sigla M110E) y el tratamiento 7 (110N-50P₂O₅ con 5 toneladas por hectárea aplicados en año par, identificado como MEE), muestran claramente que no es deseable económicamente (tanto en los INT como CPs) aplicar todos los años estiércol. En comparación aplicar la fertilización química complementándola con estiércol cada dos años, es más acertada. Los rendimientos del Tratamiento 7 así como sus INT y CPs son muy cercanos a la asociación MH, por lo que no se descarta que la

aplicación bianual del estiércol sea una opción tecnológica para los escasos ranchos y productores que manejan un hato de ganado a fin de darle una mayor valor agregado a grano de maíz al transformarlo en subproducto.

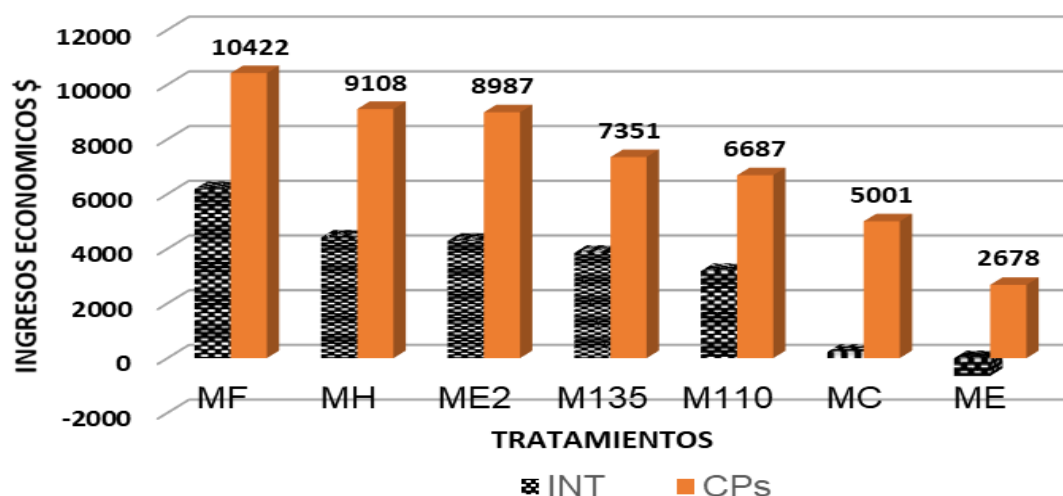


Figura 1. Ingresos derivados de los siete sistemas de producción en monocultivo estudiados con base en la producción de maíz.

El tratamiento 1 (110N-50P2O5 con 5 toneladas por hectárea aplicados todos los años sigla M110E), es el que tiene los menores ingresos tanto INT como CPs, superado incluso por el tratamiento 4 (MC) que solo recibe fertilización química en año par. Esto se debe a dos causas, la primera es el costo de la aplicación del fertilizante químico y orgánico todos los años; la segunda no está muy clara pues hemos notado que en las épocas de sequía las plantas de maíz que forman parte del el tratamiento 1 presentan una mayor sensibilidad a la sequía y su índice normalizado de vegetación se ve afectado lo que indica la posibilidad de que debamos que estudiar en el futuro la posibilidad de que exista una sinergia negativa en condiciones de sequía entre el cultivo y los procesos de mineralización del estiércol y determinar el porqué de ella.

Los tratamientos dos (M135) y tres (M110) corresponden a las recomendaciones de fertilización química que se han definido como apropiadas para la región, sus rendimientos (Cuadro 1) y sobre todo los ingresos INT y CPs (Figura 1) están por debajo de los que se obtienen en las asociaciones de maíz con haba o frijol. Pero para los productores que carecen de suficientes recursos para contratar jornales extras, emplear estas dosis fertilización solo con la ayuda de los jornales familiares es realmente una opción.

Los resultados de esta evaluación de la estabilidad y rentabilidad económica de las prácticas de monocultivo estudiadas deben de ser complementadas con un análisis del efecto de las prácticas del monocultivo en los aspectos químicos y físicos del suelo.

El descarte de las prácticas de producción ME y MC, así como los inconvenientes que el productor local tienen con las asociaciones citadas por Ebel *et al* (2017), obligan a estudiar otras alternativas como el cultivo intercalado del maíz con haba o maíz con frijol en surcos alternos. Además de trabajar en otras alternativas como la evaluación de variedades y fechas de siembra de las mismas, prácticas de conservación de suelo y agua, sin descartar el desarrollo de otras alternativas tecnológicas.

CONCLUSIONES

A pesar de la variabilidad climática, con el maíz tienen en promedio una adecuada estabilidad de rendimientos e ingresos.

El estudio permitió definir cuatro modalidades de producción del maíz en monocultivo en condiciones de secano, que deben ser aún mejoradas con el propósito de incrementar su rentabilidad agregando otras opciones de manejo del cultivo.

Se debe considerar incorporar una secuencia de cultivos que permitan romper la tendencia local hacia el monocultivo, privilegiando el aumento en la rentabilidad e ingresos del productor con el propósito de mejorar el bienestar en general de su familia y la conservación de su suelo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades y administrativos del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, al coordinador de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable el MC Efraín Castañeda Hernández, así como, a los profesores Ing. Alejandro Otlica Rosario y Ing. Pascual Hernández Jiménez por los apoyos administrativos y técnicos brindados desde el 2011 para la realización y logro del experimento de rotación de cultivos que se tienen en la parcela agrícola de dicho Instituto.

LITERATURA CITADA

- Badii, M.H., A. Guillen, J.L. Abreu, Y. Toribio and E. Fernández. 2018. Indicadores de desarrollo sustentable y su aplicación. (Indicators of sustainable developments and their application) Daena: International Journal of Good Conscience. 13(1)178-236. Abril 2018. ISSN 1870-557X
- Contreras-Ramos y Díaz R. R. 2021. Como afectan las prácticas de monocultivo y rotación la producción de grano de maíz en la región de Serdán Pág 140-144. In: La Investigación en el Campus Puebla: Situación actual y perspectivas, Colegio de Postgraduados, México, 13 pp. Editores Pérez Ramírez E., Morales Jiménez J. y Huerta de la Peña A. (Eds.) (2021). Colegio de Postgraduados Campus Puebla
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ebel R., Pozas C. J. G., Soria M. F., y Cruz G. J. 2017. Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo Organic milpa: yields of maize, beans, and squash in mono-and polycropping systems. Terra Latinoamericana, 35 (2): 149-160.
- Nicholls C.I., Henao A., y Altieri M.A. 2015. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. Agroecología 10 (1): 7-31. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711>
- Saradon J. S. 2020. Agrodiversidad, su rol en una agricultura sustentable. Capítulo 1. Pág 13-36. In: Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Coordinador General Saradon J. S. Primera Edición, La Plata. Universidad de la Plata; EDULP 2020. Libro Digital (Libros de cátedra). 950-34-1948-9 Primera edición, 2020. ISBN. © 2020-Edulp. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/109141/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y (revisado el 10 de julio de 2021).

- Torres C. S., Huraca F. J., Pezos D. L., Renzo C. C. 2018. Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo 4 (1): 15 – 22. https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/index
- Ramírez Huerta M. 2018. Respuesta campesina ante la variabilidad climática en el cultivo de maíz de temporal en el centro oriente del estado de Puebla. Capítulo VI Estrategias de adaptaciones agrícola ante la variabilidad climática en el cultivo de maíz en el Centro Oriente del Estado de Puebla. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Reinprecht Y, L. Schram, F. Marzolains, T. H. Smith, B. Hill and K. P. Pauls. 2020. Effects of Nitrogen Application on Nitrogen Fixation in Common Beans Production. Front. Plant Sci., 06 August 2020 | <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01172>

RENTABILIDAD ECONÓMICA DE DIFERENTES SUCESIONES DE CULTIVO CON BASE EN LA TECNOLOGÍA LOCAL DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN SERDÁN, PUEBLA

Juan Contreras-Ramos¹
Ramón Díaz-Ruiz¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Puebla
jcontrerasr@colpos.mx

RESUMEN

En el valle agrícola de Serdán, predomina la agricultura de transición donde la producción del maíz bajo condiciones de secano ocupa entre el 60 al 82% de la superficie agrícola. La extensión está condicionada a la variabilidad climática a la cual esta gramínea ha demostrado adaptación y cumple además con las expectativas del productor. La tecnología e insumos empleados localmente para producir maíz, están ajustados por la perspectiva y experiencia del productor, del cómo aprecia el avance del ciclo agrícola y de los recursos económicos y humanos disponibles, decidiendo aplicar la cantidad de insumos y actividades a realizar conforme a sus expectativas familiares y de producción. Se estudiaron 231 sucesiones de cultivos, seleccionando finalmente 63 combinaciones distribuidas en nueve parcelas iniciales, para su estudio final. El objetivo fue determinar las secuencias de cultivo más rentables y estables al impacto de la variabilidad climática de la región. Los resultados generales muestran: 1) Que el maíz solo o en asociación con leguminosas es rentable en el 86% de los años, tanto incluyendo los costos totales de producción como excluyendo los costos propios del productor. 2) Del total de secuencias de cultivos, el maíz en monocultivo por su estabilidad en rendimientos e ingresos económicos, está presente en el 68% de las rotaciones, lo que ha determinado el cambio hacia el monocultivo de maíz en la región.

Palabras clave: Rotaciones, rentabilidad, estabilidad

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz para grano en México se da principalmente en condiciones de secano (temporal), en las 32 entidades federativas dentro de tantas regiones agroecológicas con gran variabilidad de climas, alturas sobre el nivel del mar, así como, de condiciones socioeconómicas y productivas. Ello origina que la tecnología e insumos empleados para la producción sean los más acordes con los rendimientos medios de grano que se pueden esperar a cada área y que son tan variables como 600 kg^{-ha} en las zonas marginadas, a más de 15 mil kg^{-ha} en las regiones comerciales de alta tecnología (elaboración propia). A pesar de dichas limitantes para la producción de grano, el país es autosuficiente en la producción de maíz de grano blanco alcanzando una producción promedio de 27 millones de toneladas desde el 2016 (CEDRSSA, 2019). Se estima que hay alrededor de 26.5 millones de habitantes en el sector rural mexicano que dependen alimentaria y socioeconómicamente de esta gramínea (INEGI, 2019). Diferentes estudios y autores señalan que hay segmentos de productores de maíz, donde las condiciones ambientales y superficie de tenencia dificultan la modernización o sustitución del maíz por otros cultivos; este segmento está compuesto principalmente de campesinos que practican una agricultura de subsistencia o productores tradicionales que venden en los mercados locales con márgenes reducidos de ganancias. En contraposición hay regiones con excelente clima, tenencia y/o riego que son aptas para la agricultura comercial (Cruz *et al.*, 2019).

Los suelos agrícolas para la producción de maíz en el valle de Serdán, se encuentran a una altura de 2100 a 2500 msnm. El maíz predomina en el 65 al 85% de la superficie cultivada bajo condiciones de

secano y tiende a convertirse en área para la producción continua en monocultivo del maíz, motivado por los actuales precios de garantía y por ser el cultivo que mejor se ha adaptado a la reducción de las lluvias e incremento de las temperaturas. Es indudable que hay variables socioeconómicas y ambientales que han cambiado notablemente y que están afectando la producción de grano de maíz destacando: la mecanización forzada por la actual falta de mano de obra, los altos costos de producción del cultivo, y el escaso apoyo institucional (Jaramillo, 2015). Además, el cambio climático local se ha reflejado en la disminución de las lluvias y el incremento en las temperaturas máximas, obligando a modificar fechas de siembra y reducir el número de cultivos locales en el valle (Díaz *et al.*, 2017). En un estudio local realizado por Ramírez (2018), para analizar la respuesta de los productores locales al cambio climático, se encontró que el fertilizante, en especial el nitrógeno, era manejado estratégicamente adelantando o retrasando su aplicación; también se modificaba las veces y cantidad a aplicar de este insumo de acuerdo al comportamiento de las lluvias, y se tendió a cambiar la profundidad del barbecho para captar y conservar más humedad.

En términos de la cantidad de lluvia anual, ésta muestra fuertes reducciones del 33% para el mes de marzo, mientras que la reducción en los meses de junio a septiembre es en promedio del 40%, lo que coincide con las etapas fenológicas V8 a R2 del maíz, con una o dos etapas de sequía que pueden durar de 10 a 25 días en ese lapso lo que limita el rendimiento del cultivo del maíz (Contreras, 2018).

La variabilidad de cultivos en la zona se ha reducido considerablemente. De los 30 que se registraron en 1943, se conservan solo los más rentables o complementarios a las necesidades familiares y de la finca rural, como son el maíz, frijol, haba y avena. En ocasiones el chícharo se siembra para autoconsumo en áreas pequeñas familiares y cuando es con propósitos comerciales es en fechas posteriores a mayo, ya tardías para granos básicos. En las décadas de los 70's al 90's del siglo pasado, se intentó por parte de las instituciones introducir cultivos como girasol, veza, colza y triticali, pero estos intentos fallaron por diferentes razones, algunas de las cuales fueron el costo de las semillas, la falta de maquinaria apropiada, el desinterés comercial y la falta de promoción por los técnicos. La actual disposición de los cultivos locales hace que se reduzcan las opciones para establecer una secuencia amplia de rotaciones de cultivos que permitan conservar o mejorar las condiciones de fertilidad y parámetros físicos del suelo. Por otra parte, expandir la frontera agrícola local a expensas de la frontera forestal cada vez más deforestada en la región es insostenible. Acuña (2015) indica que se debe procurar el incremento del bienestar social de las familias rurales locales, a través de la productividad agrícola mejorando la calidad del suelo con una secuencia apropiada de cultivos, de un uso razonable y apropiado de los insumos, buscando la disposición de maquinaria adecuada para reducir los costos; podemos agregar que se debe incluir el desarrollo de nuevas variedades productivas, así como, de nuevas tecnologías agrícolas.

Por su importancia social y agrícola se debe buscar una rotación de cultivos adecuada a la región de Serdán. La rotación es definida por López (2016) como "la actividad en la cual se siembran diferentes cultivos en un mismo campo, siguiendo un orden definido o cohabitando en el mismo lugar, con lo cual se reduce la incidencia de plagas y enfermedades, al interrumpir sus ciclos de vida; se puede mantener un control de malezas, proporciona una distribución más adecuada de nutrientes en el perfil del suelo (los cultivos de raíces más profundas extraen nutrientes a mayor profundidad), ayuda a disminuir los riesgos económicos, en caso de que llegue a presentarse alguna eventualidad que afecte alguno de los cultivos, y permite balancear la producción de residuos: se pueden alternar cultivos que producen escasos residuos con otros que generan gran cantidad de ellos". Es obvio que la aplicación de las nuevas tecnologías y maquinaria pueden mejorar sustancialmente la productividad y la sustentabilidad de una región, pero deben ser acompañadas por unas adecuadas rotaciones de cultivo, por ello el objetivo general del estudio fue determinar las secuencias de cultivo más rentables y estables al impacto de la variabilidad climática de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a efecto en la localidad de Cd. Serdán, municipio de Chalchicumula de Sesma dentro de los terrenos agrícolas del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán (18.99° latitud norte, -97.46° longitud oeste). Es un experimento de largo plazo (más de 10 años) por lo que se requiere continuidad y control permanente. Los suelos son arenosos y profundos de tipo Regosol con Influencia de Andosoles. Previamente, al estudiar la variabilidad de las lluvias de los ciclos 1943-1974 y 1975-2005, se decidió que las fechas de siembra durante el periodo de estudio del experimento deberían ser en el mes de abril.

Los rendimientos medios de las 33 parcelas con sus tres repeticiones de los años 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 y 2019 dieron un total de 231 secuencias de cultivos durante el periodo de rotación estudiada. Los años 2011 y 2015 no se analizaron por haber sido sembrados en el mes de mayo, por lo que se deben estudiar aparte como efecto de las fechas tardías en los rendimientos y rentabilidad del maíz. Los tratamientos que se estudian en secuencia de combinaciones diferentes en cada parcela son: 1) Maíz 110N-50P₂O₅ con 5 toneladas de estiércol (ME); 2) Maíz 135-50P₂O₅ (M135); 3) Maíz 110N-50P₂O₅ (M110); 4) MC (el maíz no se fertiliza); 5) Asociación Maíz-Haba 110N-50P₂O₅ (MH); 6) Asociación Maíz-Frijol 110N-50P₂O₅ (MF); 7) Frijol 60N-60 P₂O₅ (F); 8) Haba 40N-40P₂O₅; 9) Avena 110N-50P₂O₅ (A); y finalmente 10) Chicharo 80N-40P₂O₅-30K₂O (CH); las variedades empleadas durante este periodo del experimento han sido criollas locales. Se actualizaron al 30 de junio del 2021, los precios medios rurales locales a los que los productores venden sus productos maíz (\$ 5.0 kg), haba (\$20.0 kg), frijol (\$ 7.0 kg), chícharo (los rendimientos obtenidos fueron similares a los del traspatio local, por lo que se consideró exclusivamente autoconsumo), en el caso de la avena el precio de la paca de 35 kilogramos (fue de \$ 37.0). Los rendimientos y costos de las rotaciones se convirtieron a su equivalente a una hectárea. No se incluyeron los ingresos del uso del rastrojo del maíz, puesto que localmente el productor prefiere que este subproducto sea incorporado, quemado o regalarlo. Los costos totales de producción (CTP), para obtener los ingresos netos totales (INT) positivos y en su caso negativos se obtuvieron directo en campo.

Se consideraron también los costos del productor (CPs) en donde se descuentan los gastos de jornales familiares, los insumos y equipos empleados en la producción y algunas actividades específicas que se realizan en los cultivos. Todos los ingresos obtenidos, los costos de producción y los costos del productor, se incluyeron en cada parcela con sus repeticiones en los siete años de este estudio. Se consideraron los rendimientos medios de cada año y parcela para determinar los ingresos económicos totales, los costos locales de producción y los costos del productor, se consideró para el análisis los rendimientos e ingresos que el productor obtienen en una hectárea, para una análisis socioeconómico y productivo más preciso se deberá incluir la superficie promedio del productor y los productos y subproductos derivados de la actividad agrícola que se emplean para las necesidades de la familia. En un análisis previo se seleccionaron las secuencias por arriba de la media general de ingresos lo que dio un total de 17 parcelas con un total de 119 secuencias, en un segundo análisis se seleccionaron las nueve parcelas con las combinaciones más rentables las cuales dieron un total de 63 combinaciones que son las que se discuten en este escrito.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos de los cultivos y los ingresos del productor a lo largo del tiempo dentro de la zona agrícola de Serdán se presentan en la Figura 1. Estos muestran una importante variación, puesto que los ingresos que obtienen los productores son dependientes de los rendimientos condicionados a su vez, por las condiciones climáticas, por lo que no sorprende que los rendimientos entre años tengan una alta variación del 46%. Y en cuanto a la suma de ingresos proveniente de los diferentes cultivos y

asociaciones entre las parcelas, la variabilidad de los mismos (CV del 187%) está asociada tanto al clima como al valor de la producción, donde el mayor precio de venta por kilogramo de producto lo obtiene el productor al vender su cosecha de haba (\$ 20 pesos^{-kg}).

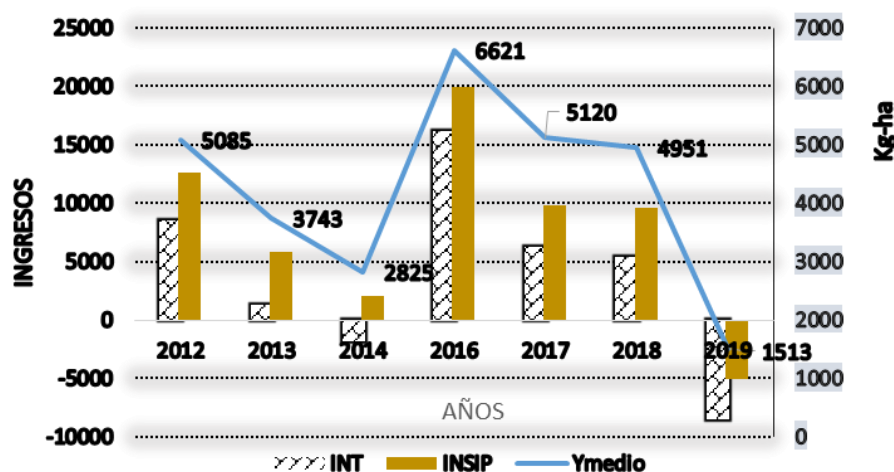


Figura 1. Comportamiento de los rendimientos de grano, y de los ingresos Totales y fijos del productor en el periodo de estudio.

El comportamiento errático de los rendimientos de grano de maíz y de los ingresos por la variabilidad del clima local, se puede comparar a través de los años, al revisar en la figura 1 los rendimientos medios e ingresos de las tres columnas. Donde (**Ymedio**) son los de rendimientos medios de grano de las 33 parcelas cada año, los ingresos netos promedios netos (**INT**) resultan del valor de la cosecha menos los costos totales de producción, los ingresos del costo al productor (**CPs**) son los resultantes del valor de la cosecha menos los costos de producción que no suman los costos propios de insumos proveniente de la finca y actividades que realiza el productor en sus parcelas. La Figura 1 a lo largo del estudio de rotación de cultivos, muestra que en el año de 2016 se tuvieron los mejores rendimientos e ingresos **INT** (CV 187%) y **CPs**. Por el contrario 2019 fue un año de pérdidas ya que los rendimientos medios de 1.5 ton^{-ha} no compensaron los costos de producción tanto con los **INT** como por los costos fijos del productor (**CPs**).

El punto de equilibrio entre los ingresos y egresos en el periodo de estudio parece estar cercano a las dos toneladas de grano por hectárea (Figura 1), lo que no representa necesariamente una mejora en el bienestar de la familia campesina. Afortunadamente el productor local, tiene su superficie agrícola (seis ha en promedio) dispersa en varias áreas, lo que le permite establecer sus cultivos bajo diferentes fechas de siembra, resembrar o de ser necesario cambiar de cultivo conforme avanza el ciclo agrícola, aprovechando la dispersión de sus terrenos lo que le permite disminuir su riesgo de pérdidas ante la incertidumbre climática. Este tipo de estrategia del productor local es muy común en las zonas de agricultura tradicional, como lo cita Munguía (2015) en su estudio sobre la percepción del cambio climático y las estrategias de los productores en el Municipio de Chilapa del Estado de Guerrero.

Resultado del análisis económico.

En el Cuadro 1, donde se incluyen los cultivos (SIN INGRESOS) que se realizaron en el 2015 en las parcelas seleccionadas lo que da un total de 72 rotaciones, de todas estas secuencias de cultivo en maíz en monocultivo (ME, M110, M135, MC) o asociado con leguminosas (MF, MH) está presente en 61 ocasiones (84.7%). Se puede apreciar que el 65% de las secuencias de cultivo están cubiertas por solo cuatro prácticas para la producción del monocultivo de maíz (M110, M135, ME, MC), y solo en el

16.7% las asociaciones de maíz con leguminosas (MF y MH). Lo anterior, pese a que hay 7 parcelas de un total de nueve seleccionadas donde hay rotaciones con leguminosas o con maíz asociado a una leguminosa). Llama la atención la secuencia MC que no lleva insumos y que está presente en cinco de las parcelas seleccionadas, que merecen ser estudiado por separado, pues en dichas rotaciones hay al parecer un efecto residual de los fertilizantes químicos, estiércol, o de las asociaciones con leguminosas.

Todas las nueve parcelas seleccionadas con sus rotaciones estudiadas muestran una tendencia hacia la estabilidad de los rendimientos e ingresos tanto INT como provenientes de los CPs que manejan los productores.

Las parcelas 30, 8, 18 y 28 llevan al menos un año con una leguminosa cultivada en monocultivo o en asociación con el maíz, con una media de rendimientos de grano de maíz entre las cuatro parcelas señaladas 4600 kg^{-ha}, estas parcelas con sus secuencias de rotaciones presentan a lo largo del periodo de estudio las mejores opciones de para la producción local, por la mayor estabilidad con respecto a los rendimientos de grano de maíz y los mejores ingresos al descontar las actividades y costos directos del productor (CPs). La secuencia de cultivos que han tenido estas parcelas es parecida a las que tienen el productor local, lo que demuestra que el productor no se ha equivocado al preferir el cultivo de maíz por su estabilidad en rendimientos ante el cambio climático local, por lo que actualmente este cultivo domina hasta el 82% de la superficie agrícola.

Cuadro 1. Sucesión de cultivos que se han establecidos en las parcelas seleccionadas dentro del período correspondiente 2012-2019.

AÑOS DE ESTUDIO Y SECUENCIA DE CULTIVOS								Parcela	Ren medio Kg ^{-ha}	INT \$	CPs \$
2012	2013	2014	2015*	2016	2017	2018	2019				
A	M135	MF	MH	Haba	M135	MF	MH	3	4155	2471	6511
M110	ME	MC	F	M110	M110	F	MC	5	4175	2688	6468
MH	A	ME	M110	M135	A	ME	M110	8	4831	2151	6746
M110	M135	MC	ME	M110	M135	MC	ME	15	3612	3119	6094
M110	M110	F	M110	M110	F	M110	M110	18	4475	3276	7622
MC	MH	M110	MH	MC	M110	MH	MC	19	3690	2750	6143
ME	H	MC	CH	ME	H	ME	MC	23	4026	4213	7955
M110	ME	MC	MF	M135	ME	MC	MF	28	4340	4506	8427
MF	MH	M135	M110	MF	M110	M135	MF	30	4775	5536	9529

* Nota: el año 2015 no se incluye en el análisis financiero.

La parcela 30 es la que tuvo los mejores rendimientos e INT, así como, CPs, la secuencia de rotaciones tiene un 50% de los años con maíz en monocultivo y el otro 50% con el maíz asociado con leguminosas. Esta rotación puede ser una adecuada recomendación de producción, siempre y cuando se resuelva el problema local de la falta de mecanización para siembra, laboreo y cosecha que se requiere en la asociación de cultivos ya que es un sistema de producción que demanda una buena cantidad de jornales para su implementación. Bajo este escenario de rotación de cultivos, al sumar los ingresos de grano de dos cultivos asociados el productor no solo asegura un incremento en la rentabilidad de cultivos y dos alimentos básicos para su familia en la misma superficie; también en forma indirecta bajo las condiciones locales de producción se incorporan al cultivo hasta 25 kg^{-ha} de nitrógeno por fijación biológica del frijol (Contreras, 2018).

Si el agricultor opta por producir solo en condiciones de monocultivo la secuencia de cultivos que ofrece la parcela ocho es una opción, pero en ella se debe cambiar la asociación Maíz-haba por el monocultivo de haba. Otras opciones de rotaciones sin incluir asociaciones están presentes en las parcelas 5 y 15. Solo que en esta última opción (15) no hay leguminosas en monocultivo o asociadas por lo que la producción del maíz bajo estas secuencias de cultivo es altamente dependiente de los insumos químicos e inorgánicos, además de que la opción de no fertilizar al quinto año (MC) para aprovechar los beneficios residuales de la práctica de fertilización de los cuatro años anteriores, ante la alta variabilidad climática no es una garantía de acumular en cinco años en promedio los mejores rendimientos e INT o CPs a través de los cinco años de una rotación.

Con base en los resultados aquí expuestos, a pesar del predominio del maíz en la región, se muestra que hay posibilidades de establecer un apropiado programa de rotaciones que garantice rendimientos e ingresos medios al productor de Serdán. Sin embargo, dada la escasa tenencia de la tierra que tiene el productor, se les deben de ofrecer otras alternativas complementarias dentro del sector primario.

Los resultados coinciden con Bowles *et al* (2020), que han demostrado que es una opción rentable y sustentable el realizar rotaciones de cultivos incluso en áreas comerciales especializadas en un solo cultivo como el maíz. Ellos analizaron la producción y secuencia de cultivos de una gran área productiva de este-oeste de Canadá y los Estados Unidos de América, mediante una serie de experimentos de largo plazo mediante ajustando en un análisis de regresión multinivel de conjuntos de datos los rendimientos de cultivos a largo plazo en un gradiente de precipitación continental para evaluar cómo la diversificación temporal de cultivos afecta los rendimientos de maíz en sistemas de granos manejados intensivamente. Este estudio que comprendió un amplio gradiente de ambientes, secuencias de cultivo, productividad y precipitación, comparo dos o más cultivos en rotaciones diversas lo que integró un total de 347 años-sitio. Los resultados de la investigación determinaron que: Las rotaciones más diversas en el tiempo aumentaron los rendimientos de maíz incluso en condiciones desfavorables como sequía lo que favorece la adaptación al cambio climático.

Los resultados de esta evaluación de la estabilidad y rentabilidad económica de las rotaciones estudiadas, deben de ser complementadas con un análisis del efecto de las secuencias de cultivo en los aspectos químicos y físicos del suelo. Al tener seleccionadas cuatro parcelas con sus respectivas rotaciones, se debe comenzar a trabajar en otras alternativas como la evaluación de variedades y fechas de siembra de las mismas, incluir además prácticas de conservación de suelo y agua, sin descartar el desarrollo de otras alternativas tecnológicas. Sin embargo, como lo indica Matthews *et al* (2013) *“los cambios que no modifiquen radicalmente la estructura del monocultivo de los agroecosistemas dominantes, pueden moderar los impactos negativos, pero solo temporalmente”*.

CONCLUSIONES

El maíz en monocultivo o en asociación con leguminosas es rentable en el 86% de los años, tanto incluyendo los costos totales de producción como excluyendo los costos propios del productor.

Del total de secuencias de cultivos, el maíz en monocultivo por su estabilidad en rendimientos e ingresos económicos está presente en el 68% de las de rotaciones seleccionadas, lo que ha determinado en la práctica el cambio hacia el monocultivo de maíz en la región.

Se tienen al menos cuatro secuencias de cultivos, que deben ser complementadas con otras alternativas productivas que favorezcan el bienestar de las familias rurales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las autoridades y administrativos del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, al coordinador de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable el MC Efraín Castañeda Hernández, así como, a los profesores Ing. Alejandro Otlica Rosario y Ing. Pascual Hernández Jiménez por los apoyos administrativos y técnicos brindados desde el 2011 para la realización y logro del experimento de rotación de cultivos que se tienen en la parcela agrícola de dicho Instituto.

LITERATURA CITADA

- Acuña Reyes Daniela. 2015. Agricultura sostenible: antecedentes e iniciativas. Julio 2015, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (www.odepa.gob.cl). ODEPA, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.
- Bowles, Timothy M *et al* 2020. Long-Term Evidence Shows that Crop-Rotation Diversification Increases Agricultural Resilience to Adverse Growing Conditions in North America. *One Earth*, Volume 2, Issue 3, 2020, Pages 284-293, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.007>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332220300889>)
- CEDRSSA, 2019. Producción de granos básicos y suficiencia alimentaria 2019-2024. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados LXIV Legislatura. www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/39ProduccionGranosBásicos.pdf. Consultado 10 de junio de 2021.
- Contreras R. J; Díaz R. R. 2018. CAMBIOS EN LA FERTILIDAD DEL SUELO POR EFECTO DE MONOCULTIVOS EN UN SUELO REGOSOL TÍPICO DE SERDÁN, PUEBLA. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria México* Vol 6 Núm 1:8-16 (2018).
- Cruz Delgado, Daniela, y Juan Leos Rodríguez. 2019. «La Producción De Maíz En Sinaloa, México, Y sus Implicaciones Para El Medio Ambiente/ The Production of Corn in Sinaloa, Mexico and Its Implications for the Environment». *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, n.º 25 (febrero), 100-118. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.25.2019.3705>.
- Díaz R. R; Contreras R. J y Casiano V. M.A. 2017. Conocimiento y Testimonio de los Agricultores Sobre la Diversidad de Cultivos y los Factores Climáticos en la Región Oriente de Puebla. *Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Agricultura Sostenible como Base para los Agro negocios*, Primera Edición Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Versión electrónica Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C.
- INEGI 2019. Comunicado de prensa núm. 384/19 31 DE JULIO DE 2019 PÁGINA 1/3
- Jaramillo V.J.L. (2015). Estudio Estratégico: Evaluación y Determinación de la Escala Mínima Rentable, de Unidades Productivas para Emprendedores en el Campo Poblano. Comité Técnico Estatal del Estado de Puebla. SAGARPA, Delegación del Estado de Puebla.
- López L. P. 2016. La rotación de cultivos, importante para combatir el hambre en el mundo, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <http://conservación.cimmyt.org/index.php/es/publicaciones/1833-la-rotacion-de-cultivos-importante-para-combatir-el-hambre-en-el-mundo>. Revisado enero 2020.
- Matthews B, Rivington M, Muhammed S, Newton AC, Hallett PD. 2013. Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: The role of crop modelling. *Global Food Security* 2: 24-28.

- Munguía Aldama J., Sánchez P. F., Vizcarra B. I., Rivas G. M. 2015. Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Revista de Ciencias Sociales*, vol. XXI, núm. 4, pp. 538-547, 2015. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. <https://www.redalyc.org/journal/280/28043815007/html/> 24 de julio de 2014.
- Ramírez Huerta M. 2018. Capítulo VI Estrategias de adaptaciones agrícola ante la variabilidad climática en el cultivo de maíz en el Centro Oriente del Estado de Puebla. Tesis de Doctorado: Respuesta campesina ante la variabilidad climática en el cultivo de maíz de temporal en el centro oriente del estado de Puebla. Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

TIANGUIS ORGÁNICOS ALTERNATIVOS EN ZONA METROPOLITANA DE LA REGIÓN ECONÓMICA ANGELÓPOLIS, PUEBLA

Martha Azucena Díaz-Rivas¹
Agustín Aragón-García¹
Primo Sánchez-Morales¹
Jesús Francisco López-Olguín¹
Arturo Huerta-De la Peña²

¹Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Colegio de Postgraduados Campus Puebla
marthaa.diazrivas@viep.com.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue censar y describir los tianguis orgánicos alternativos en la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla, con la finalidad de obtener información para probar la hipótesis de que estos espacios fomentan una Economía Transformadora a través de un Mercado Social, ya que son lugares de encuentro que promueven redes de asociación y solidaridad entre comerciantes minoritarios que funcionan con criterios ecológicos y sociales. La región tiene una economía en desarrollo y representa el 42.90% del total de la población del estado; la investigación se enfocó en la zona metropolitana de la región, constituida por la capital Puebla de Zaragoza, y los municipios de San Martín Texmelucan, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Amozoc. Se consultaron bases de datos para conocer el número total de mercados y tianguis registrados oficialmente, se visitó el Tianguis Alternativo de Puebla, posteriormente se aplicó la metodología Bola de Nieve para localizar más tianguis y la indagación se complementó con búsqueda exhaustiva en la Web. Se encontró que no se cuenta con un listado oficial de mercados y comercios de productos ecológicos, mas, el estudio permitió identificar 11 tianguis orgánicos alternativos con antigüedad promedio de 4.2 años; los cuales fueron fundados por iniciativa ciudadana con compromisos éticos, ecológicos, sociales y políticos; participan una vez por semana en promedio 41 comerciantes por tianguis, quienes exponen productos principalmente locales; los más comercializados son alimentos y artesanías; la mayoría de tianguis no cuenta con apoyo económico para su organización y por ello solicita una cuota de participación promedio de 128 pesos; menos de la mitad cuenta con algún certificado orgánico; y realizan actividades adicionales a las comerciales. En conclusión, estos tianguis fomentan la Economía Transformadora.

Palabras clave: Tianguis ecológicos, economía transformadora, economía social

INTRODUCCIÓN

La Economía Transformadora surgió del potencial productivo multifuncional, diversificado y sostenible de pequeños productores, es una propuesta con una vocación de disputa y transformación de modelos dominantes que se caracteriza por objetivos, no sólo económicos, sino además sociales y por cumplir un amplio repertorio de experiencias de carácter asociativo (Carrera, 2016). Busca resolver los problemas económicos actuando con solidaridad y reconociendo a las minorías (Guerra, 2020). Así surgieron los Mercados Sociales cuyo fin último es el bienestar colectivo y el establecimiento de relaciones de confianza, cercanía y reciprocidad. Su misión es crear Redes de producción-distribución-consumo de bienes y servicios que funcionen con criterios ecológicos, éticos, democráticos y solidarios. Estos modelos comparten aspectos como sistemas de certificación de proveedores que permiten la transparencia, coherencia y responsabilidad (Crespo *et al.*, 2014).

En México, un ejemplo de esto es la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos A. C. (REDAC), la cual nació por académicos y miembros de Organizaciones No Gubernamentales (ONG) con la finalidad de vincular a los distintos interesados, promover el comercio justo, fomentar asesoría, promover la participación, formular políticas públicas, entre otras actividades (Schwentenius *et al.*, 2015). Uno de sus objetivos es auxiliar a productores que no cuentan con la superficie ni con los recursos suficientes para garantizar la certificación orgánica bajo el sistema internacional (Mauricio, 2013), por ello, fomentan el reconocimiento de Certificación Participativa, la cual es válida para la comercialización nacional (Schwentenius *et al.*, 2015). Los mercados o tianguis locales orgánicos son importantes ya que conectan a la población del campo y la ciudad, promueven el mercado regional (Bustamante *et al.*, 2018), a través de ellos se consumen bienes elaborados con mayor respeto de las condiciones del medio ambiente, que son obtenidos con mejores condiciones laborales para los trabajadores (Sandoval, 2017). Atendiendo al tipo de productos que se ofertan en los tianguis orgánicos, destacan los agrícolas o alimentos frescos, los agroindustriales o procesados y las artesanías (Escalona, 2010; Mauricio, 2013).

Cabe destacar que la palabra “tianguis” es una entidad reconocida desde tiempos prehispánicos como el lugar o plaza dedicada a los intercambios (Villegas, 2016) y, en la actualidad, son los lugares donde se reúnen los comerciantes y productores para vender sus productos, suelen ser espacios al aire libre que se caracterizan por ser eventos semanales (Sandoval, 2017). La Real Academia Española (RAE, 2021) define esta palabra como sinónimo de “mercado”.

En la ciudad de Puebla existen 23 mercados oficiales (Báez, 2018), pero no se cuenta con un listado de los tianguis orgánicos alternativos, pese a que han aumentado en número y han cobrado relevancia en los últimos años; incluso en la REDAC solo hay un mercado orgánico registrado para el estado, siendo el “Tianguis Alternativo de Puebla (Schwentenius *et al.*, 2015). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue censar y describir los tianguis orgánicos alternativos en la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla, para comprobar la hipótesis de que estos espacios fomentan una Economía Transformadora a través de un Mercado Social, ya que son lugares de encuentro que promueven redes de asociación y solidaridad entre comerciantes minoritarios que funcionan con criterios ecológicos y sociales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La Región Económica Angelópolis, tiene una extensión 3 322 km², se encuentra ubicada en la zona centro del estado de Puebla, limita al norte con el estado de Tlaxcala, al oriente con la Región Valle Serdán – Valles centrales, al poniente con el Estado de México y al sur con las Regiones Valle de Atlixco – Izúcar de Matamoros y Mixteca (INAFED, 2020). Está constituida por 861 localidades y 33 municipios (Gobierno del Estado de Puebla, 2019). En esta zona predominan los climas templados, sub- húmedos y el semi-seco; los ríos más prominentes son el Alseseca y el Río Atoyac (INAFED, 2020). Constituye una de las regiones naturales más importantes del estado ya que cuenta con dos áreas naturales protegidas de competencia federal, siendo estas el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y el Parque Nacional La Malinche; y también están localizadas dos importantes áreas de protección estatal, que son el Humedal de Valsequillo y parte de la Sierra del Tentzo (Gobierno de Puebla, 2018).

La Región Económica Angelópolis tiene una vocación propia de economías en desarrollo, en 2010 la región aportó el 22.2% del PIB Nacional, posee 2 481 003 habitantes, que representan el 42.90% del total de la población del estado, por lo que es considerada un área urbana. Esta investigación se enfocó la zona metropolitana de esta región, la cual está constituida por la capital Puebla de Zaragoza, y los

municipios de San Martín Texmelucan, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Amozoc. Los municipios señalados son áreas competitivas en el ámbito económico y, por sus características demográficas y físicas, son susceptibles de vincularse al proceso de planeación de desarrollo urbano sustentable (Gobierno de Puebla, 2018); y por ello son zonas aptas para fomentar el crecimiento de las empresas que se encuentran enfocadas en el cuidado del entorno.

Censo

Para poder ubicar los tianguis orgánicos alternativos se consideraron tres fuentes de información:

a) Consulta de fuentes de información oficiales. Se consultaron bases de datos de INEGI y páginas Web de gobierno para conocer el número total de mercados y tianguis registrados de manera oficial en esta área.

b) Metodología Bola de nieve. También se realizaron visitas a los tianguis orgánicos alternativos, considerados así aquellos que se especializan en incentivar el comercio de productos ecológicos en su amplia gama: agroecológicos, orgánicos, de producción familiar y permacultura; se inició en el Tianguis Alternativo de Puebla, el cual es el único registrado en la REDAC, y posteriormente se aplicó la metodología de muestreo en cadena o bola de nieve (Quintana, 2006; Burga, 2011) para localizar otros tianguis alternativos.

c) Indagación en la Web. Se complementó la búsqueda realizando una exploración exhaustiva en la Web para localizar más centros de comercialización de este tipo.

Con la información recopilada se elaboró un listado de tianguis orgánicos alternativos de la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla.

Descripción de los tianguis orgánicos alternativos

En cada tianguis enlistado se realizó una entrevista estructurada y personal a cada uno de los directivos o coordinadores para conocer la antigüedad del tianguis, quiénes fueron los fundadores, razones por las cuáles se crearon los tianguis, número de comerciantes que participan, procedencia y tipo de productos que comercializan, si los tianguis reciben algún tipo de apoyo económico, si cuentan con algún reconocimiento o certificado orgánico y si desarrollan actividades adicionales a las comerciales.

La información recopilada se sistematizó en una base de datos de Microsoft Excel y se analizó cualitativamente y con estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Censo

Con respecto a la consulta de fuentes de información oficiales de gobierno, la Dirección de Abastos y Comercio Interior informó que en la ciudad de Puebla administra 21 mercados convencionales y permanentes, 7 mercados de apoyo y 2 mercados especializados, y que la aplicación de medidas preventivas por COVID (Coronavirus Disease, 'enfermedad del coronavirus'), suspendió las actividades de los tianguis itinerantes, además de que no cuenta con un listado particular de mercados y comercios de productos ecológicos, y que éstos no se encuentran contemplados en el Código Reglamentario para el Municipio de Puebla (Domínguez, 2021).

Resultado de la Metodología Bola de nieve e indagación en la Web se obtuvo información de 11 tianguis, de los cuales, ocho se ubicaron en la capital poblana (Puebla de Zaragoza), aunque dos de estos han sido suspendidos temporalmente por la situación de la pandemia ya que pertenecen a centros

de educación, fue el caso del tianguis del Colegio de Postgraduados y el de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla; y tres más se localizaron en el municipio colindante de San Andrés Cholula (Cuadro 1). No se encontró este tipo de mercados o tianguis en las otras entidades propuestas (San Martín Texmelucan, San Pedro Cholula y Amozoc), por lo que se entiende que su presencia es baja en la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis, su proporción en la capital Puebla de Zaragoza es de 1:4 con respecto a los mercados convencionales y sin contar los tianguis itinerantes.

Cuadro 1. Listado de tianguis orgánicos alternativos en la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla.

No.	Nombre del Tianguis	Dirección
1	Ecoexpoproductores Cuautlicue	11 oriente, no. 216, Col. Centro – Puebla de Zaragoza
2	Ecotianguis manantial Agua clara	Blvrd. Esteban de Antuñano, no. 223, Col. Libertad – Puebla de Zaragoza
3	La carpa, mercado local	Av. 5 Mayo, no. 1400, Barrio de San Juan Aquiahuac – San Andrés Cholula
4	Mankitlalmanalis	Entre 24 sur y Av. Pilares, Cancha de básquetbol de Unidad habitacional Guadalupe - Puebla de Zaragoza
5	Mercadito Ensamble	Calzada Colorines, no. 3, Col. Emiliano Zapata - San Andrés Cholula
6	Paki	Sirio, no. 39, Col. Concepción la Cruz – Puebla de Zaragoza
7	Tameme	Blvrd. Atlixco, no. 4303, Col. Las Ánimas – Puebla de Zaragoza
8	Tianguis Alternativo de Puebla	Dalias, no. 6103, Col. Bugambilias – Puebla de Zaragoza
9	Zona zerowaste	2 Sur, no. 1700, Barrio San Pedro Colomoxco - San Andrés Cholula

*Elaboración propia.

Descripción de los tianguis orgánicos alternativos

Antigüedad de los tianguis

De las entrevistas realizadas a los directivos de los nueve tianguis orgánicos alternativos visitados se obtuvo que la existencia de estos espacios tiene una antigüedad promedio de 4.2 años, con máximo 14 años y mínimo un mes. La presencia de estos tianguis orgánicos alternativos no es reciente, aunque parecen haberse promovido y enfatizado en respuesta a las limitaciones de la pandemia por COVID, ya que, de los nueve mercados censados, tres surgieron en el último año.

Fundadores de los tianguis

El 33.33% de tianguis orgánicos alternativos comenzó por consumidores preocupados por adquirir productos saludables y generar una conciencia de consumo sustentable; el 22.22% inició por comerciantes que se asociaron para promover juntos sus productos, otro 22.22% fue fundado por agrupaciones universitarias preocupadas por la construcción de un sistema alimentario local basado en la sustentabilidad, y el restante 22.22% se impulsó por emprendedores interesados en promover el comercio local. Todos los tianguis orgánicos alternativos se fundaron por iniciativa ciudadana, lo que demuestra que estos movimientos sociales son de izquierda, de abajo y por la tierra, como expone Escobar (2016), es decir, que proponen una alternativa al comercio convencional, que enfatiza la autonomía y atiende a la desconexión mente cuerpo, individuo comunidad; y en conjunto estos factores promueven una Economía Transformadora (Carrera, 2016).

Razones por las que se crearon los tianguis

Los consumidores fundadores tuvieron la iniciativa basados en el convencimiento de que los productos que nos alimentan afectan nuestras emociones y nuestra salud, por ello es necesario promover un estilo de vida más saludable, además de sustentable, como por ejemplo optar por la alimentación vegana y un consumo libre de basura. Los comerciantes fundadores destacaron el interés de eliminar al intermediario, el respaldarse como agrupación de productos orgánicos, conocer a más personas para poder complementar su propia alimentación familiar y así, en conjunto, poder desplazar de mejor manera sus productos. Por su parte, las agrupaciones universitarias fundadoras manifestaron interés por crear conciencia del origen de los alimentos y abogaron por la construcción de un sistema alimentario local basado en la sustentabilidad, la producción agroecológica, el intercambio solidario y la construcción de comunidad. Finalmente, los emprendedores resaltaron la importancia de promover el comercio-consumo local y generar una comunidad. Los distintos motivos de conformación de los tianguis orgánicos alternativos reflejan compromisos éticos, ecológicos, comunitarios, asociativos y políticos; estas particularidades los hacen caber dentro de las características de los Mercados Sociales (Crespo *et al.*, 2014).

Comerciantes de los tianguis

En estos espacios se registró la participación promedio de 41 comerciantes, con un máximo de 100 y un mínimo de 10. Se obtuvo que son distintas las frecuencias con la que se realizan estos tianguis, aunque en su mayoría suele ser una vez por semana (en el 44.40% de los casos) o una vez al mes (el 22.22%), pero también se llevan a cabo dos veces a la semana (11.11%), tres veces a la semana (11.11%) o dos veces al mes (11.11%). Los productos y productores proceden de diez estados de la República Mexicana, principalmente de las distintas regiones del estado de Puebla (34.61%), seguido del estado de Tlaxcala (19.23%), Chiapas (11.53%), y en menor medida Oaxaca (7.69%), Guerrero (7.69%), Estado de México (3.84%), Tabasco (3.84%), Veracruz (3.84%), Aguascalientes (3.84%) o son de origen extranjero (3.84%). En comparación con tianguis orgánicos del centro del Estado de Veracruz estudiados por Mauricio (2013), en los tianguis orgánicos alternativos de la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla participan en promedio más productores, quienes desarrollan sus actividades en un mayor rango de días de venta y, si bien es posible encontrar productos y productores de distintos estados de la república, es evidente que en estos tianguis orgánicos alternativos se promueve el comercio local, ya que tampoco sobresalió la participación extranjera.

Productos que se comercializan en los tianguis

Los alimentos resultaron ser los productos que más se comercializan (22.5%), seguido de artesanías (20%), cosméticos (15%), elementos para la salud como suplementos y medicina alternativa (10%), productos ecológicos (10%), productos de higiene para el hogar (7.5%), y en menor medida, productos gourmet (2.5%), ropa (2.5%), artículos para el hogar (2.5%), productos para mascotas (2.5%), regalos (2.5%) y compostas (2.5%). Al igual que lo menciona Escalona (2010) y Mauricio (2013), los productos que más se comercializan en estos espacios son alimentos y artesanías.

Apoyos económicos para el funcionamiento de los tianguis

Sólo el 11.11% de los tianguis declaró contar con algún tipo de apoyo económico para realizar sus actividades, y el resto (88.88%) expresó no recibir ningún tipo de incentivo, por tanto, los gastos generados son solventado a través de una cuota de participación promedio de 128 pesos; sin embargo, esta cuota puede variar según la superficie que ocupa cada comerciante, o atendiendo a la

susceptibilidad de los participantes, es decir, si pertenecen al grupo de la tercera edad, a una A.C., o si son de escasos recursos.

Certificación orgánica de los tianguis

El 44.4% de los tianguis contó con algún tipo de respaldo o reconocimiento, pero sólo el Tianguis Alternativo de Puebla se acompañó desde su inicio de la REDAC y cuenta con un Comité de Certificación Participativa; los otros avales son Universidades, Asociaciones Civiles o Cooperativas. Esto demuestra una tendencia asociativa, pero una deficiencia como comunidad de acción política que garantice la calidad ecológica y confianza de los productos que se ofertan en estos espacios.

Actividades adicionales que se realizan en los tianguis

Además de las prácticas comerciales, se encontró que en los tianguis se desarrollan otras actividades complementarias dirigidas principalmente a los consumidores, entre ellas destacan cursos y talleres de temas relacionados con la agricultura, actividades físicas como yoga, tai chi, meditación y cuidado a través de medicina alternativa (20.83%); las actividades culturales son habituales, principalmente las musicales (16.66%); también se imparten charlas de concientización ecológica y de otros temas sociales como de prevención de violencia (12.5%); se incentiva al consumo de comida naturista, vegetariana y sustentable con degustaciones (8.69%), se realizan rifas de los distintos productos que son donados por los comerciantes (8.69%), además de actividades de reciclaje de libros, vidrio, pilas, aceite y electrónicos (4.34%); bazar de ropa sustentable (4.34%), trueque (4.34%) y uno de los mercados (Ecotianguis manantial) también es un balneario (4.34%); solo en el Tianguis Alternativo de Puebla se realizan actividades destinadas a los comerciantes como faenas en el espacio de exposición (4.34%), asambleas de organización (4.34%) y encuentros con otras redes (4.34%). La suma de estas actividades promueve o fortalece la comunidad, el sentido de pertenencia al tianguis, las relaciones entre consumidores-productores y entre productores-organizadores.

CONCLUSIONES

Si bien no todos los tianguis orgánicos alternativos de la zona metropolitana de la Región Económica Angelópolis del estado de Puebla se formaron con los principios y lineamientos de la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos A. C., estos fomentan una Economía Transformadora a través de un Mercado Social, ya que son movimientos que nacieron desde abajo y son lugares de encuentro que fomentan redes de asociación, de solidaridad, de reconocimiento a las minorías de productores que funcionan con criterios éticos, ecológicos y sociales.

LITERATURA CITADA

- Báez, G. K. 2018. Incidencia de *Listeria monocytogenes* en quesos frescos no pasteurizados provenientes de diferentes mercados de la ciudad de Puebla determinada mediante PCR. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, p.14.
- Burga, D. M. 2011. Metodología de estudios de línea de base. Pensamiento crítico, 15, 61-82.
- Bustamante, T. I. y Schwentesius, R. 2018. Perfil y situación de los productores que integran los tianguis y mercados orgánicos en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(4), 507-530.

- Carrera, V. S. 2016. La segunda revalorización del campesinado en México: de “pobres” y “población redundante” a sujetos productivos y de derechos. *EntreDiversidades*, (7), 14-45.
- Crespo, B. C. y Galán, F. S. 2014. Los mercados sociales. La economía solidaria en acción transformadora. *Documentación social*, 174, 95-116.
- Domínguez, B. E. 2021. OFICIO NUM.SEGOBM-E.T.-019/2021. Respuesta a folio de Solicitud 02357520. Enlace de Transparencia de la Secretaría de Gobernación Municipal. Secretaria de Gobernación del estado de Puebla.
- Escalona, M. 2010. Los tianguis y mercados locales de alimentos ecológicos en México: su papel en el consumo, la producción y la conservación de la biodiversidad y cultura. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba España, Instituto de Sociología y Estudios Campesinos, Departamento de Ciencias Sociales y Humanidades, p.139.
- Escobar, A. 2016. Desde abajo, por la izquierda y con la Tierra. *El país*, 8 p.
- Gobierno de Puebla. 2018. Actualización del Programa Regional de Desarrollo 2011-2017, Región Angelópolis. Secretaría de Finanzas y Administración, 56 p.
- Gobierno del Estado de Puebla. 2019. Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Puebla. Orden Jurídico. p 6.
- Guerra, P. 2020. De la economía social y la economía solidaria a las economías transformadoras: antecedentes en la construcción teórica de un tercer sector de la economía. Serie de documentos de trabajo, Universidad de la República Facultad de Derecho, p. 14.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2020. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Puebla. inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.html. Consultado el 11 de noviembre de 2020.
- Mauricio, A. 2013. Mercados locales de productos orgánicos a partir de los sistemas participativos de garantía, zona centro estado de Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, 131 p.
- Quintana, A. 2006. Metodología de investigación científica cualitativa, p. 58.
- RAE (Real Academia Española). 2021. <https://dle.rae.es/tianguis?m=form>. Consultado el 15 julio de 2021.
- Sandoval, A. 2017. Estrategias campesinas y mercados alternativos. Las pequeñas unidades de producción frente al mercado alternativo de Tlaxcala, México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, 92 p.
- Schwentesius, R. y Gómez, M. 2015. La Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos: Renovando sistemas de abasto de bienes de primera necesidad para pequeños productores y muchos consumidores. *Revista Ciencias de La Salud*, 13 p.
- Villegas, P. 2016. Del tianguis prehispánico al tianguis colonial: Lugar de intercambio y predicación (siglo XVI). *Estudios Mesoamericanos*, 1(8), 93-101.



PLÁTICA DOCTORAL



DETERMINACIÓN DE LOS PATÓGENOS ASOCIADOS A LA CORCHOSIS DE LA RAÍZ DEL CAFETO EN VERACRUZ

Daniel López Lima

RESUMEN

La corchosis de la raíz del cafeto asociada a la infección de nematodos del género *Meloidogyne* en un importante problema para la producción de café en México, particularmente en el estado de Veracruz, donde anualmente se han registrado considerables pérdidas en las plantaciones de *Coffea arabica* a causa de esta enfermedad. En estudios anteriores donde se examinó el patrón perineal de las hembras, se identificó a *Meloidogyne incognita* como la especie asociada a la corchosis de la raíz del cafeto en Veracruz. Además, otros estudios revelaron la incidencia de hongos en los tejidos afectados de las raíces que podrían interactuar con el nematodo en el desarrollo de la enfermedad. El objetivo de este trabajo fue identificar a nivel de especie los nematodos y hongos asociados a la corchosis de la raíz del cafeto en Veracruz. Las muestras se colectaron de plantas de café afectadas en ocho sitios distribuidos a lo largo de la mayor zona de producción de café en el estado de Veracruz. Las poblaciones de *Meloidogyne* obtenidas de las raíces fueron caracterizadas mediante un PCR múltiple utilizando marcadores específicos para las tres especies de *Meloidogyne* asociadas a café más importantes en Latinoamérica: *M. exigua*, *M. incognita* y *M. paranaensis*. Además, se aislaron hongos de los tejidos con corchosis de los mismos sitios de muestreo y fueron determinados mediante técnicas moleculares. *Meloidogyne paranaensis* fue la única especie de nematodo encontrada en los ocho sitios de muestreo. Se aislaron 49 hongos de los tejidos afectados, de los cuales *Fusarium oxysporum* fue la única especie que se aisló en todas las muestras analizadas. Los diferentes aislamientos de *F. oxysporum* presentaron variación en sus características morfológicas, pero no en el análisis genealógico. La industria cafetalera en México debería poner más atención en esta muy destructiva enfermedad, particularmente a nivel profiláctico para evitar su diseminación a través de las plantas de vivero

Palabras clave: Nematodos, *Coffea* spp. *Meloidogyne paranaensis*, *Fusarium oxysporum*

INTRODUCCIÓN

La producción de café en México es una actividad importante desde los puntos de vista ambiental y económico, con una producción anual cercana al millón de toneladas de café cereza de 1,336,882 t que representan aproximadamente 200 millones de dólares en el mercado (SADER, 2020). Los agroecosistemas cafetaleros en México comúnmente se encuentran en sistemas agroforestales tradicionales con una amplia variedad de vegetación arbórea que sirve de sombra a los cafetos, proporcionan ingresos adicionales para los productores por la venta de frutos y plantas, también permiten una alta tasa de secuestro de carbono y funcionan como refugio para muchas especies silvestres. Además, contribuyen a la recarga de mantos freáticos. Por lo que se considera proveen importantes y numerosos servicios ambientales (Moguel y Toledo, 1999; Licona-Vargas *et al.*, 2006; Hernández-Martínez *et al.*, 2009). En la zona de producción de café del estado de Veracruz, desde la década de 1960 se ha registrado la presencia de nematodos agalladores del género *Meloidogyne* asociados con cafetos que presentan síntomas de la enfermedad denominada “corchosis de la raíz del



cafeto" (Vázquez, 1963). Las plantas afectadas con esta enfermedad presentan el sistema radical con múltiples agallas y desarrollo extensivo de tejido con apariencia de corcho en las raíces leñosas, incluyendo la raíz principal, donde el tejido afectado puede llegar hasta el cuello de la planta. En consecuencia, los cafetos muestran un progresivo decline, que termina en la muerte de la planta (Téliz-Ortiz *et al.*, 1993; Bertrand *et al.*, 2000). Este problema es considerado una seria amenaza para la producción cafetalera en México, ya que se estima que cada año se pierden hasta 35% de plantas recién sembradas de *C. arabica* en muchos municipios de Veracruz y Chiapas (INIFAP, 2005). En el estado de Veracruz, la corchosis del cafeto ha sido atribuida a *M. incognita*. Sin embargo, estas identificaciones anteriores de poblaciones de nematodos agalladores presentes en café en México, se basaron en la observación de los patrones perineales de las hembras. Estudios recientes han demostrado que la identificación de algunas especies de *Meloidogyne* basada en esta característica no es confiable; en particular en el caso de *M. incognita* y *M. paranaensis*, especies que tienen patrones perineales similares (Carneiro y Cofcewicz, 2008). Asimismo, se han encontrado hongos de los géneros *Verticillium*, *Trichoderma*, *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum* asociados a raíces afectadas en los municipios de Atoyac y Huatusco, sin embargo, no se conoce su asociación con plantas de café con corchosis en otras áreas de producción en Veracruz (Téliz-Ortiz *et al.*, 1993; García *et al.*, 1997; Alanís-Martínez *et al.*, 2015). La identificación apropiada de los agentes causales a nivel de especie, así como la caracterización de los mecanismos de patogénesis que causan la corchosis de la raíz del cafeto son conocimientos básicos esenciales para contribuir al desarrollo de estrategias adecuadas de manejo integrado de esta enfermedad de las raíces de cafetos. En este trabajo se describen una serie de estudios realizados para esclarecer la identidad de los organismos relacionados con el desarrollo de los síntomas de corchosis en plantaciones de café del estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras

La toma de muestras se llevó a cabo en ocho plantaciones de café distribuidas en la principal zona de producción del estado de Veracruz ubicada en la parte central montañosa. Las fincas fueron seleccionadas con base a estudios previos que registraban la presencia de la enfermedad o afectaciones en las raíces de las plantas, además de síntomas aéreos. En cada finca se tomó una muestra compuesta por 8 a 10 raíces de cafetos con síntomas para la extracción de nematodos y aislamiento de hongos. Además, se tomaron el mismo número de muestras de raíces de plantas de *Musa* spp. en los cafetales donde se encontraban como cultivo asociado para la extracción de nematodos.

Extracción y determinación de nematodos

Para la identificación de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. se extrajeron huevos y juveniles J2 de las raíces infectadas de café mediante la técnica de triturado en solución de hipoclorito de sodio al 2% (Carneiro *et al.*, 2004). Las muestras se colocaron en crioviales y se depositaron en un ultracongelador a -80°C. Una vez obtenidas todas las muestras se extrajo el ADN de 200-300 µl de huevos y J2 de cada una de las poblaciones utilizando un kit de extracción (Tissue and Insect MiniPrep ADN, Zymo Research). Se llevó a cabo un PCR múltiple usando el ADN de los nematodos de cada población y tres primer SCAR específicos para *M. exigua*, *M. incognita* y *M. paranaensis* (Randig *et al.*, 2002), las tres especies más distribuidas en café en Latinoamérica (Villain *et al.*, 2013). Como testigo positivo, se agregaron ADNs de referencia de las tres especies mencionadas proporcionados por el



EMBRAPA/CENARGEN de Brasil. Los productos de la amplificación fueron separados por electroforesis en un gel de agarosa al 3% teñido con bromuro de etidio y visualizado bajo luz UV.

Aislamiento y determinación de hongos

Para aislar los hongos se seleccionaron raíces de café con formación reciente del tejido corchoso, se desinfectó la superficie de estas con hipoclorito de sodio al 3% y alcohol al 70% y 90% seguido de tres enjuagues con agua destilada estéril. Posteriormente se realizó un corte transversal sobre el tejido afectado y se colocaron fragmentos de este en cajas de Petri con agar dextrosa y papa (PDA). Los hongos que crecieron a partir del tejido corchoso se resembraron en cajas de Petri con PDA hasta obtener cultivos puros de cada aislamiento. El ADN se extrajo a partir de 25 µg de micelio usando un kit de extracción (Fungal/Bacterial DNA MiniPrep Zymo Research). Las amplificaciones se realizaron utilizando un iniciador de 500 pares de bases que abarca el espaciador transcrito interno (ITS) 1, el ARNr 5.8 y los marcadores moleculares ITS2, los productos de las amplificaciones se enviaron a la compañía MacroGen para obtener la secuencia de cada aislamiento, las cuales se editaron en el programa e-Biox y se compararon con la base de datos GeneBank. Los hongos de interés fueron caracterizados morfológicamente en medio de cultivo PDA. Se midió la velocidad de crecimiento, coloración de la colonia y coloración del medio, así como la formación y tamaño de estructuras reproductoras.

Análisis genealógico de las cepas de *Fusarium* spp.

Se evaluó la estructura genética potencial entre las diferentes poblaciones de *Fusarium* spp. obtenidas. Para enraizar la genealogía, se utilizó como grupo externo una cepa de *Gliocladiopsis curvata* (1 individuo) aislada en este trabajo. La matriz se ensambló con el fragmento de 500 pb utilizado para identificar las especies de los hongos junto con una secuencia de 600 pb del gen 28S ADNr. La alineación final de los datos moleculares, produjeron una matriz de 1325 posiciones. La matriz se analizó mediante Inferencia Bayesiana (BI) utilizando un criterio de máxima verosimilitud para seleccionar los árboles óptimos. Para reconstruir los árboles de BI, el modelo evolutivo de cada partición molecular se eligió por jMODELTEST v 2.0.2 (Guindon y Gascuel, 2003; Darriba *et al.*, 2012). Los parámetros del modelo se utilizaron de la siguiente forma: TIM1 (nst 6) + gamma, forma gamma = 0,364 para ITS; TIM3 (nst 6) + I, sitios invariantes = 0,829 para ARNr 28S. Para permitir diferencias en las características evolutivas de cada partición, los modelos de sustitución se establecieron como desvinculados. El espacio del árbol se exploró utilizando MRBAYES v. 3.2.2 (Ronquist *et al.*, 2012). Para estos conjuntos de datos, dos análisis paralelos de cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC) se realizaron simultáneamente, cada uno durante un mínimo de 20 millones de generaciones, muestreando cada 1000 generaciones. Todos los árboles se dibujaron utilizando FIGTREE v 1.4.2 (Rambaud, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de especies de *Meloidogyne* asociadas a raíces de cafetos con corchosis y raíces de plátano en agroecosistemas cafetaleros

En los sitios estudiados, los cafetos presentaron diferentes niveles de desarrollo de síntomas como clorosis, defoliación y muerte prematura de acuerdo con observaciones anteriores (Figura 1a) (Téliz-Ortiz *et al.*, 1993). En todos los sitios de muestreo, los cafetos afectados presentaron los mismos síntomas, es decir, hinchazones con agrietamientos y con aspecto de corcho en las raíces leñosas,

incluyendo la raíz principal (Figura 1b). Al hacer un corte longitudinal en el tejido corchoso se encontraron numerosas hembras de *Meloidogyne* y masas de huevos insertadas en las raíces (Figura 1c). En las plantas de plátano intercaladas, se observaron abultamientos en las raíces, eventualmente con algunos agrietamientos en la corteza. El análisis del PCR múltiple con los marcadores SCAR mostró que *M. paranaensis* está presente en las ocho muestras de raíces recolectadas de cafetos con síntomas de corchosis. A pesar de la alta sensibilidad de la prueba PCR múltiple con los marcadores SCAR utilizada en este estudio y, de la edad de las plantaciones (más de tres años) *M. incognita* y *M. exigua* no se encontraron en ninguna de las ocho muestras de raíces de café, incluso en los tres sitios donde se detectó *M. incognita* en las plantas de plátano intercaladas (Tabla 1). Estos resultados coinciden con las identificaciones de *M. paranaensis* relacionadas a síntomas de corchosis en café en Brasil y Guatemala (Carneiro *et al.*, 1996; Villain *et al.*, 2013). Este estudio indica que *M. incognita* no es la especie causante de los síntomas de corchosis de la raíz del café en las muestras estudiadas como se pensaba anteriormente (Teliz-Ortiz *et al.*, 1993; García *et al.*, 1997) y que *M. paranaensis* es la única especie causante de esta enfermedad (López-Lima *et al.*, 2015).

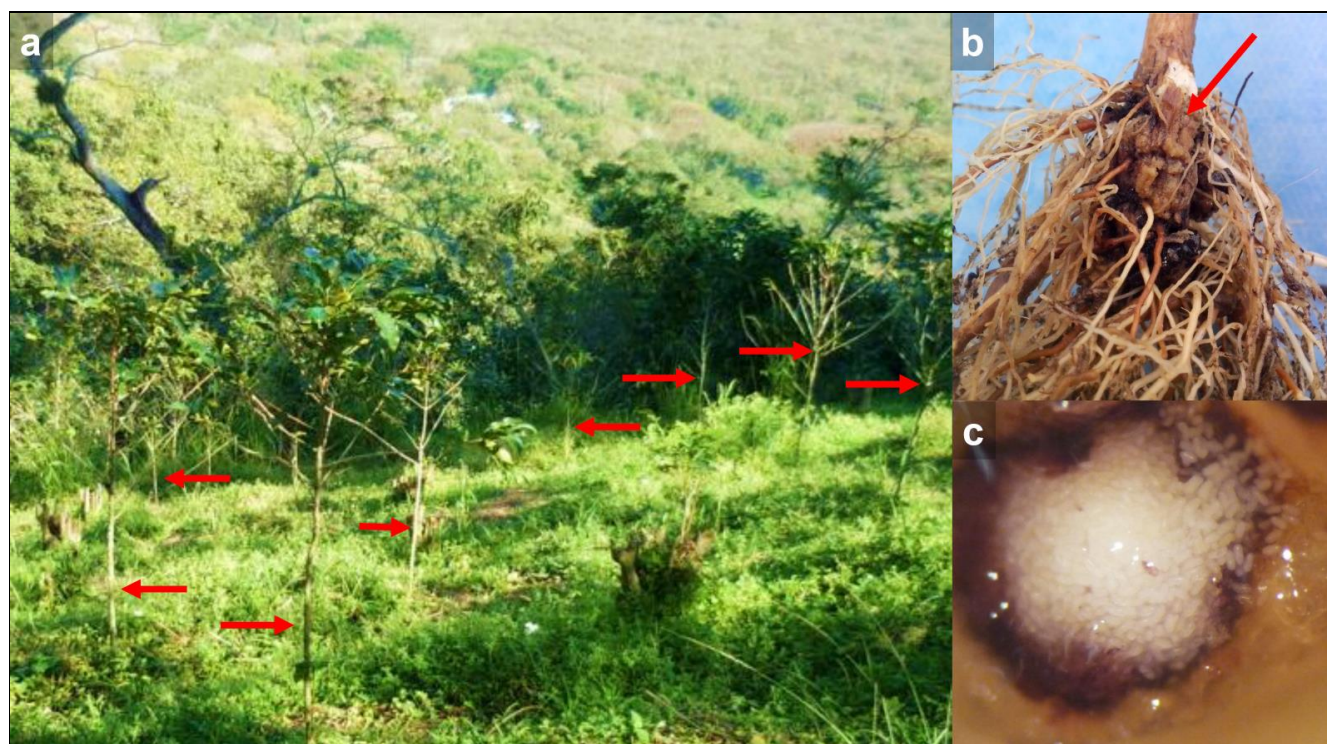


Figura 1. Cafetos afectados por la corchosis de la raíz, a) plantación de café de tres años afectada en Jilotepec, Veracruz, b) raíz con desarrollo de tejido corchoso en la raíz principal, c) masa de huevos de *Meloidogyne paranaensis*.

Hongos asociados a raíces de cafetos con síntomas de corchosis

Se obtuvieron 49 cepas de hongos de los tejidos de raíces con síntomas de corchosis. De acuerdo con la determinación molecular, el 55% corresponden a *Fusarium oxysporum*, 12% a *Penicillium citrinum*, 10% a *F. solani*, 10% a *Purpureocillium lilacinum*, 4% a *Alternaria longissima* y el 8% restante corresponde a un solo aislamiento de las siguientes especies: *Baeuveria bassiana*, *Gliocladiopsis curvata*, *Pochonia chlamidosporya* y *Stereum complicatum* (Tabla 1). En todos los sitios de colecta se



aislaron cepas de *F. oxysporum* con diferentes características morfológicas que podrían corresponder a diferentes formas especiales de esta especie (Herrera y Ulloa, 1990). En investigaciones anteriores, *F. oxysporum* ha sido asociado a plantas con síntomas de corchosis en Brasil, Puerto Rico, México y Costa Rica (Cardoso 1986; Negrón y Acosta 1989; Téliz-Ortíz *et al.*, 1993; Bertrand *et al.*, 2000; Bertrand *et al.*, 2002). Asimismo, se aislaron hongos fitoparásitos como *F. solani*, *A. longissima* y *S. complicatum*, los cuales no se habían registrado anteriormente como asociados a síntomas de corchosis de cafetos. También se aislaron algunos hongos considerados nematófagos como *P. chlamydosporia* y *P. lilacinum* cuya presencia puede estar relacionada a la alta población de nematodos en las raíces (Saxena, 2018) y hongos saprófitos como *P. citrinum* que puede estar degradando el tejido necrosado derivado de la afectación a las raíces (Domsh *et al.*, 1980).

Tabla 1. Especies de *Meloidogyne* y hongos identificados en los ocho sitios de colecta. El número entre paréntesis representa el número de cepas de hongos aisladas en cada lugar.

Municipio/ localidad	Ubicación/ Altitud msnm	Cultivar/ hospedero	Especie de <i>Meloidogyne</i>	Especie de hongos
Atzalan, Napuala	N 19°54'13.1" W 97°13'28.4" 689	<i>Coffea arabica</i> ^a cv. Costa Rica 95	<i>M. paranaensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> (3), <i>Purpureocillium lilacinum</i> , <i>Penicillium citrinum</i> , <i>Stereum</i> <i>complicatum</i> .
Atzalan, Chachalacas	N 19°51'50.8" W 97°10'06.8" 664	<i>Coffea canephora</i> ^b cv. unknown	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (3), <i>Purpureocillium</i> <i>lilacinum</i> (2)
		<i>Musa</i> AA cv. Dominico	<i>M. paranaensis</i> , <i>M. incognita</i>	
Yecuatla, La Victoria	N 19°50'27.6" W 96°47'05.8" 559	<i>Coffea arabica</i> cv. Typica	<i>M. paranaensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> (2), <i>Fusarium</i> <i>solani</i> (2), <i>Alternaria longissima</i> (2), <i>Beauveria bassiana</i> , <i>P. lilacinum</i>
Jilotepec, Paso San Juan	N 19°35'42.2" W 96°53'01.4" 996	<i>Coffea arabica</i> cv. Costa Rica 95	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (3), <i>F. solani</i> , <i>Penicillium citrinum</i> (3)
		<i>Musa</i> AAA cv. Roatan	<i>M. paranaensis</i> , <i>M. incognita</i>	
Cosautlan, La Lagunilla	N 19°19'45.4" W 96°58'20.1" 1152	<i>Coffea canephora</i> ^b cv. unknown	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (4), <i>Gliocladiopsis</i> <i>curvata</i>
		<i>Musa</i> AAA cv. Roatan	<i>M. paranaensis</i>	
Sochiapa, Sochiapa	N 19°11'44.5" W 96°56'38.1" 1361	<i>Coffea arabica</i> cv. Caturra	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (6), <i>F. solani</i>
		<i>Musa</i> AAA cv. Roatan	<i>M. paranaensis</i> , <i>M. incognita</i>	
Ixhuatlan del Café, Moctezuma	N 19°03'16.5" W 96°55'41.3" 1186	<i>Coffea arabica</i> cv. Garnica y Pacamara	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (2), <i>Penicillium</i> <i>citrinum</i> (2)
		<i>Musa</i> AAA cv. Morado	<i>M. paranaensis</i>	
Ixhuatlan del Café, Nevería	N 19°01'50.7" W 96°56'58.0" 1219	<i>Coffea arabica</i> cv. Bourbon y Caturra	<i>M. paranaensis</i>	<i>F. oxysporum</i> (4), <i>F. solani</i> , <i>P.</i> <i>lilacinum</i> , <i>Pochonia</i> <i>chlamydosporia</i>

a: plantas de vivero b: portainjerto.

Caracterización morfológica de cepas de *Fusarium oxysporum* y *F. solani* aisladas de raíces de cafetos con síntomas de corchosis

En total se obtuvieron 27 aislamientos de *F. oxysporum* y 5 de *F. solani*. Los aislamientos de *F. oxysporum* mostraron diferencias en sus características morfológicas, principalmente en la coloración del medio de cultivo (Figura 2).

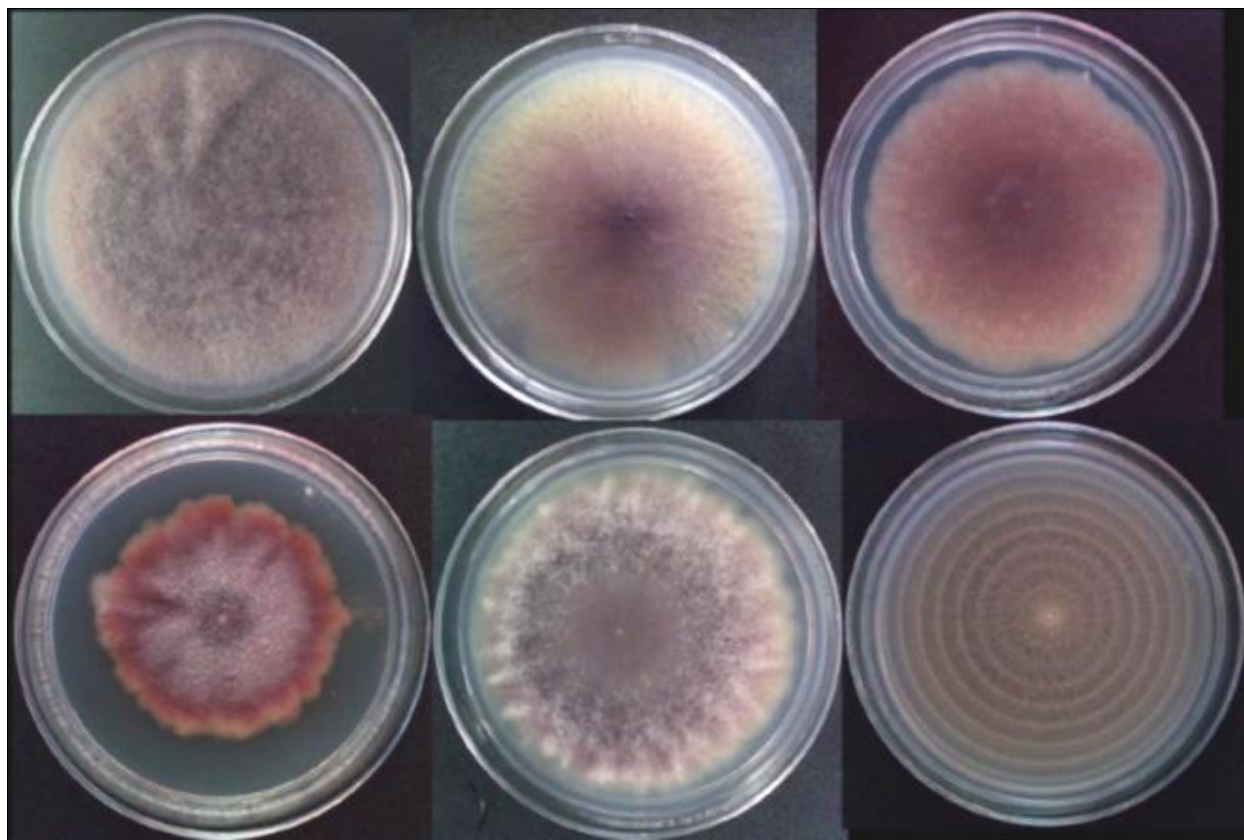


Figura 2. Diferencias morfológicas en las colonias de las cepas de *Fusarium oxysporum* aisladas de raíces con corchosis.

El diámetro promedio de las colonias de este hongo fue de 4 a 7.9 cm en el quinto día después de la inoculación en medio PDA. El micelio de los aislamientos fue de escaso y pegado al medio a abundante flocoso, de color blanco a rosa pálido y con tintes violetas, márgenes ligeramente lobulados o lisos en PDA. Se observaron numerosos microconidios de 2 a 16 μm en todos los aislamientos, formados individualmente, ovales y con uno a dos septos, provenientes de células conidiógenas de tipo monofiálides. Los macroconidios se observaron en seis aislamientos, fueron típicamente falcados, más anchos en la parte media con los extremos puntiagudos, con 3 a 5 septos, de paredes delgadas, producidos en esporodocios y masas de conidios viscosas. La longitud de los macroconidios fue de 14 a 42 μm . En 25 de los aislamientos de *F. oxysporum* se observaron clamidosporas, formadas individualmente o en cadenas de hasta cinco. Paredes lisas o rugosas, de 5 a 10.4 μm de diámetro. El diámetro de las colonias de *F. solani* fue de 5 a 6.4 cm en el quinto día de crecimiento en PDA. Micelio abundante algodonoso de color blanco amarillento pigmentaciones naranjas pálido con márgenes lisos. Microconidias ovales con un septo de 4 a 16 μm de largo formadas en células conidiógenas de tipo monofiálides. No se observaron macroconidias ni clamidosporas en los cinco aislamientos de *F. solani*.



Tabla 2. Características morfológicas de los aislamientos de *Fusarium oxysporum* y *F. solani* aislados de raíces de cafetos afectados por corchosis.

Clave ¹	Diámetro de la colonia cm*	Color Anverso/ reverso	Microconidias Descripción/ Tamaño μm	Macroconidias Descripción/ Tamaño μm	Clamidosporas Descripción/ diámetro μm
<i>Fusarium oxysporum</i>					
Na1	5.03	violeta/ rojo y gris	oval con una septa/ 4-8	No observadas	pared lisa, individual, intercaladas o terminales / 8.4-8.8
Na4	4.95	violeta/ rojo y gris	oval con una septa/ 4-10	No observadas	pared lisa, individuales o en pares, intercaladas o terminales /10-10-4
Na6	4.95	violeta/ violeta y beige	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared lisa, individuales o en pares, intercaladas o terminales/ 7.2-8.1
Ch1	4.88	violeta/ violeta y beige	oval con una o dos septas/ 2-10	No observadas	pared lisa o verrucosa, individual, intercalada o terminal/ 9 - 9
Ch2	5.08	blanco/ blanco	oval con una o dos septas/ 4-8	No observadas	pared lisa, individual, terminal o intercalada/ 6.2 – 6.2
Ch5	4.86	violeta/ violeta y beige	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared lisa, individual o en pares, terminal/ 8.1 – 8.3
Ye3	5.85	violeta/ violeta blanco	oval con una o dos septas/ 2-10	falcadas con 2 a 5 septas/ 18-38	No observadas
Ye7	6.15	violeta/ violeta blanco	oval con una o dos septas/ 2-10	falcadas con 2 a 4 septas/ 14-30	pared verrucosa, en cadenas de dos o tres, intercaladas o terminales/ 8.8 – 9.2
Ji2	5.01	violeta/ violeta y rojo	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared lisa, individual y en cadenas de tres, terminales/ 6.4 – 6.8
Ji3	6.0	violeta/ violeta y rojo	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared lisa, individual, terminal o intercalada/ 6.4 – 7.6
Ji4	5.33	violeta/ violeta blanco	oval con una septa/ 4-10 y	falcadas con 3 a 6 septas/ 16-32	pared lisa, individual, terminal o intercalada/ 9.4 – 9.8
Co1	6.9	violeta/ violeta	oval con una septa/ 4-10	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal o intercalada/ 7.6 - 8
Co3	5.91	violeta/ violeta	oval con una o dos septas/ 3-10	No observadas	pared verrucosa, en cadenas de dos o tres, terminales o intercaladas/ 8.8 - 9
Co4	5.45	violeta/ violeta	oval con una septa/ 4-10	No observadas	No observadas
Co5	5.5	violeta/ violeta	oval con una o dos septas/ 4-8	No observadas	pared verrucosa, en cadenas de dos, tres o cuatro, terminales o intercaladas/ 9.4 – 9.4
So1	6.53	blanco/ violeta/ blanco	y oval con una o dos septas/ 4-12	falcadas con 3 a 5 septas/ 22-34	pared verrucosa, individual, terminal o intercalada/ 9.4 – 9.8
So2	4.1	rojo/ rojo	oval con una o dos septas/ 4-12	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal/ 8.3 – 8.5
So3	5.83	rojo y blanco/ rojo	oval con una o dos septas/ 5-13	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal/ 8.1 – 8.5
So5	7.53	rojo/ rojo	oval con una o dos septas/ 4-12	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal/ 8.2 – 8.4
So6	7.55	rojo/ rojo	oval con una o dos septas/ 4-12	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal/ 8.1 – 8.3
So7	7.95	rojo y gris/ gris	oval con una o dos septas/ 4-10	falcadas con 3 a 4 septas/ 20-32	pared verrucosa, en cadenas de dos o tres, terminales o intercaladas/ 9.6 – 9.8
Mo1	6.9	rojo/ rojo	oval con una septa/ 4-10	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal o intercalada/ 5.2 – 5.4
Mo2	7.2	rojo/ rojo	oval con una septa/ 2-8	falcadas con 3 a 5 septas/ 28-42	pared verrucosa, en cadenas de dos, tres, cuatro o cinco, terminales o intercaladas/ 9 – 9.2
Ne3	6.31	rojo/ rojo	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal o intercalada/ 8.4 – 8.7
Ne4	7.38	rojo/ rojo y gris	oval con una o dos septas/ 4-10	No observadas	pared verrucosa, individual, terminal o intercalada/ 8.2 – 8.5
Ne5	8.2	violeta/ violeta	oval con una septa/ 4-8	No observadas	pared verrucosa, en cadenas de dos, tres, cuatro o cinco, terminales o intercaladas/ 8.6 – 8.8
Ne7	8.1	violeta/ violeta	oval con una septa/ 4-8	No observadas	pared verrucosa, en cadenas de dos, tres, cuatro o cinco, terminales o intercaladas/ 8.6 – 8.9



Continúa Tabla 2...

Clave ¹	Diámetro de la colonia cm*	Color Anverso/reverso	Microconidias Descripción/ Tamaño μm	Macroconidias Descripción/ Tamaño μm	Clamidosporas Descripción/ diámetro μm
Ye5	5.52	blanco naranja/ naranja	y oval con una septa/ 6-14	No observadas	No observadas
<i>Fusarium solani</i>					
Ye8	5.35	naranja/ naranja	oval con una septa/ 6-14	No observadas	No observadas
Ji5	6.42	naranja/ naranja	oval con una septa/ 4-14	No observadas	No observadas
So4	5.48	naranja/ naranja	oval con una septa/ 4-16	No observadas	No observadas
Ne1	5.62	naranja/ café	oval con una septa/ 4-14	No observadas	No observadas

1 la clave de las cepas corresponde a la localidad de aislamiento: Na= Napuala, Ch= Chachalacas, Ye= Yecuatla, Ji= Jilotepec, Co= Cosautlan, So= Sochiapa, Mo= Moctezuma, Ne= Neveria. * diámetro a los cinco días de crecimiento.

Análisis genealógico entre las cepas de *Fusarium oxysporum* y *F. solani* aisladas de raíces de cafetos con corchosis en el estado de Veracruz

El análisis genealógico logró diferenciar claramente las cepas de *F. oxysporum* y *F. solani* (Figura 3). Ambas especies fueron recuperadas en árboles monofiléticos soportados por un valor de bootstrap de al menos 99%. Aunque se observó alguna estructura dentro del linaje de *F. oxysporum*, esta no mostró relación con las localidades geográficas.

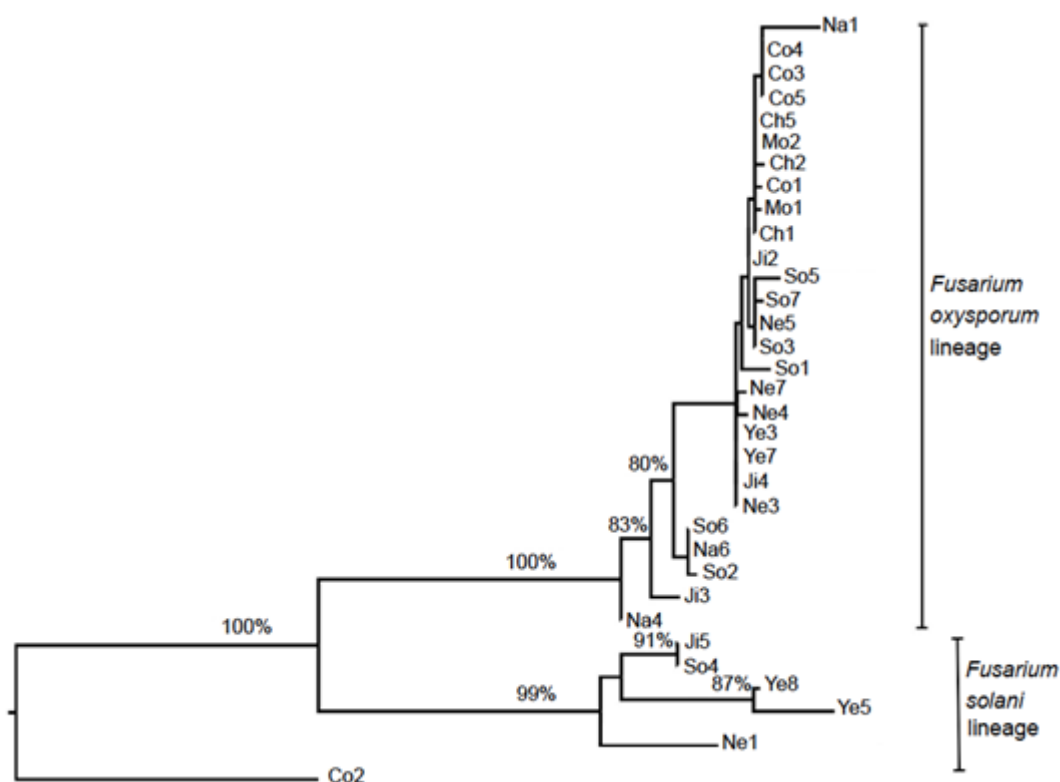


Figura 2. Análisis genealógico entre las cepas de *Fusarium oxysporum* y *F. solani* aisladas de raíces de cafetos con corchosis en el estado de Veracruz.



Las muestras aisladas de un lugar estaban genéticamente más relacionadas con muestras aisladas de otras áreas (por ejemplo, Neveria a Sochiapa, Napuala a Cosautlan). La falta de coherencia geográfica podría ser el resultado de un flujo genético intensivo entre localidades o por infección cruzada en viveros de cafetales. La ausencia de estructura, tanto genealógica y geográfica, dentro de *F. oxysporum* y *F. solani* es fuerte evidencia de que estos organismos representan especies filogenéticas bien definidas taxonómicamente. Adicionalmente, los caracteres morfológicos observados en los aislamientos de *Fusarium* spp. fueron mapeados en la genealogía para explorar posibles fijaciones de rasgos. Ningún de los sub-clados identificados dentro del linaje de *F. oxysporum* fue distinguido por caracteres morfológicos exclusivos entre los observados en este trabajo como el color de la colonia, el tamaño de los microconidios o la producción de macroconidios. Sin embargo, la presencia de clamidosporas se agrupó en la base de este linaje. El clado *F. oxysporum*, por lo tanto, podría diferenciarse del clado *F. solani* por la presencia de tales estructuras. Por otro lado, solo los aislamientos de *F. solani* mostraron coloración naranja en sus colonias. Se necesitan más estudios para corroborar si esas características pudieran ser consideradas con potencial para el diagnóstico morfológico.

Fusarium oxysporum y *F. solani* son considerados un complejo de especies donde se incluyen numerosas cepas patógenas de plantas en particular, denominadas formas especiales; cepas oportunistas que causan infecciones en humanos y animales; cepas saprobias que son comúnmente encontradas en el suelo, raíces en senescencia o residuos orgánicos (Chehri *et al.*, 2015; van Diepeningen y de Hoog, 2016). *F. oxysporum* también se ha reportado como endófito donde en muchos casos resulta beneficioso para las plantas por la liberación de sustancias promotoras del crecimiento o como antagonista de diferentes patógenos (Freire *et al.*, 2012; Waweru *et al.*, 2014). Recientemente se demostró que las cepas de *F. oxysporum* aisladas de raíces con corchosis en cafetos son capaces de colonizar las raíces de estas plantas en ausencia de nematodos, sin embargo, bajo condiciones óptimas de desarrollo no causan afectaciones a las plantas (López-Lima *et al.*, 2020). En otro estudio se demuestra que la capacidad de colonización y patogenicidad de los aislamientos de *F. oxysporum* provenientes de la corchosis se incrementa cuando las plantas de café se someten a estrés hídrico (Gamboa-Becerra *et al.*, 2021), uno de los efectos que la afectación por nematodos provoca al reducir la capacidad de las raíces para absorber agua.

CONCLUSIONES

- *Meloidogyne paranaensis* y *Fusarium oxysporum* son los principales patógenos asociados a las plantas con síntomas de corchosis de la raíz del cafeto en Veracruz.
- *Meloidogyne incognita* no se encuentra presente en las plantas muestreadas con síntomas de corchosis de la raíz del cafeto.
- Las cepas de *Fusarium* spp. aisladas en este trabajo no muestran un origen geográfico y genealógico común lo que puede indicar distintos niveles de patogenicidad.

LITERATURA CITADA

Alanís-Martínez, I., C. Medina-Mendoza, N. Marbán-Mendoza and E. Valadez-Moctezuma 2015. Classical molecular techniques for differentiation of special forms of *Fusarium oxysporum*. Revista Mexicana de Micología 42:1-7.



- Bertrand, B., C. Nuñez and J. L. Sarah 2000. Disease complex in coffee involving *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathology* 49:383-388.
- Bertrand, B., G. Ramirez, P. Topart and F. Anthony 2002. Resistance of cultivated coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) trees to corky-root caused by *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*, under controlled and field conditions. *Crop Protection* 21:713-719.
- Carneiro, R.M.D.G., R. G. Carneiro, I. M. O. Abrantes, M. Santos and M. R. A. Almeida 1996. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae) a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. *Journal of Nematology*, 28,177-189.
- Carneiro, R. M. D. G. and E. Cofcewicz 2008. Taxonomy of coffee parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. p. 87-122. *In*: Souza, R. (ed.). *Plant-parasitic nematodes of coffee*. Springer Netherlands.
- Carneiro, R. M. D. G., M. Tigano, O. Randig, M. R. Almeida and J-L Sarah 2004. Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida: Meloidogynidae) on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. *Nematology*, 6:287-298.
- Chehri, K., B. Salleh and L. Zakaria 2015. Morphological and phylogenetic analysis of *Fusarium solani* species complex in Malaysia. *Microbial Ecology*, 69,457–471. DOI 10.1007/s00248-014-0494-2
- Darriba, D., G. L. Taboada, R. Doallo and D. Posada 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, 9,772.
- Domsch, K. H., W. Gams and T. H. Anderson 1980 *Compendium of soil fungi*, vol 1. Academic Press, London, p 859.
- Freire, E. S., V. P. Campos, R. S. C. Pinho, D. F. Oliveira, M. R. Faira, A. M. Pohlit, N. P. Noberto, E. L. Rezende, L. H. Pfenning and J. R. C. Silva 2012. Volatile substances produced by *Fusarium oxysporum* from coffee rhizosphere and other microbes affect *Meloidogyne incognita* and *Arthrobotrys conoides*. *Journal of Nematology*, 44,321–328.
- Gamboa-Becerra, R, D. López-Lima, L. Villain, J-C. Breitler, G. Carrión and D. Desgarennes 2021. Molecular and Environmental Triggering Factors of Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Isolates Involved in the Coffee Corky-Root Disease. *Journal of Fungi* 7, 253. <https://doi.org/10.3390/jof7040253>
- García P. P., I. Cid del Prado, E. Zavaleta-Mejía y D. Téliz 1997. La corchosis del cafeto (*Coffea arabica* L.) y alternativas de su manejo. *Nematropica*, 27, 111.
- Guindon, S. and O. Gascuel 2003. A simple, fast and accurate method to estimate large phylogenies by maximum-likelihood". *Systematic Biology*, 52,696-704.
- Herrera, T. y M. Ulloa 1990. *El reino de los hongos: Micología básica y aplicada*. México: UNAM/Fondo de Cultura Económica. 552 p.



- Hernández-Martínez, G., R. Manson and A. Contreras-Hernández 2009. Quantitative classification of coffee agroecosystems spanning a range of production intensities in central Veracruz, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134:89-98.
- INIFAP 2005. Clones de *Coffea canephora* como patrones para injertos con tolerancia a la corchosis de la raíz del café. Folleto técnico no. 3. http://www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte_anual2004.pdf [Consultado el 25 de abril 2021].
- Licona-Vargas, A. L., C. A. Ortiz-Solorio, M. C. Gutiérrez-Castorena y F. Manzo-Ramos 2006. Clasificación local de tierras y tecnología del policultivo café-plátano para velillo-sombra en comunidades cafetaleras. *Terra Latinoamericana* 24:1-7.
- Lopez-Lima, D., P. Sánchez-Nava, G. Carrión, A. Espinosa de los Monteros and L. Villain 2015. Corky-root symptoms for coffee in central Veracruz are linked to the root-knot nematode *Meloidogyne paranaensis*, a new report for Mexico. *European Journal of Plant Pathology* 141:623-629. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0564-9>
- López-Lima, D., G. Carrion, P. Sánchez-Nava, D. Desgarenes and L. Villain 2020. Fungal diversity and *Fusarium oxysporum* pathogenicity associated with coffee corky-root disease in México. *Rev. FCA Uncuyo*. <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/3075>
- Moguel, P. and V. M. Toledo 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- Negrón, J. A. and N. Acosta 1989. The *Fusarium oxysporum* f. sp. *coffaeae-Meloidogyne incognita* complex in Bourbon Coffee. *Nematopica*, 19,161-168.
- Rambaud, A. 2009. FigTree, 1.4.2. Institute of Evolutionary Biology, University of Edinburgh. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree>. Accessed 25 March 2016.
- Randig, O., M. Bongiovanni, R. Carneiro and P. Castagnone-Sereno 2002. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. *Genome* 45:862-870.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. van der Mark, D. L. Ayres, A. Darling, S. Hohna S., et al. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology*, 61,539–542.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2020. Servicio de información agroalimentaria y pesquera, producción agrícola 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Consultado el 21 de julio de 2021].
- Saxena, G. 2018. Biological Control of Root-Knot and Cyst Nematodes Using Nematophagous Fungi. In: Giri, B., R. Prasad and A. Varma (eds.). *Root Biology. Soil Biology*, vol 52. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75910-4_8



- Téliz-Ortíz, D., G. Castillo-Ponce y D. Nieto-Angel 1993. La corchosis del cafeto en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 11:5-12.
- van Diepeningen, A. D. and G. S. de Hoog 2016. Challenges in *Fusarium*, a trans-kingdom pathogen. *Mycopathologia*. doi:10.1007/s11046-016-9993-7
- Vázquez, J. T. 1963. Relaciones suelo-nemátodos. p. 201-203. *In*: Memoria del 1er. Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo. Mexico.
- Villain, L., J. L. Sarah, A. Hernandez, B. Bertrand, F. Anthony, P. Lashermes, *et al.* 2013. Diversity of root-knot nematodes parasitizing coffee in Central America. *Nematropica*, 43:194-206.
- Waweru, B., L. Turoop, E. Kahangi, D. Coyne and T. Dubois 2014. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). *Biological Control*, 74,82–88.



Créditos editoriales

Coordinación general

Dr. Jorge Martínez Herrera
Dr. Sergio Uribe

Compiladores

Rigoberto Zetina Lezama
Oscar Hugo Tosquy Valle
Ana Lid Del Angel Pérez
Ángel Ríos Utrera
Marcos Ventura Vázquez Hernández
Valentín Alberto Esqueda Esquivel
Claudia Perdomo Montes

Formación y diseño

Claudia Perdomo Montes
Irma Ceja Romero

Comité editorial

Mónica de la Cruz Vargas Mendoza
Fabián García González
Esmeralda Cázares Sánchez
Arturo Pérez Vázquez

Comité revisor

Dr. Adán Cabal Prieto	Dr. Francisco Osorio Acosta
Dra. Alejandra Ramírez Martínez	Dr. Alejandro Alonso López
Dr. Arturo Pérez Vázquez	Dr. Eliseo García Pérez
Dr. Bernardino Candelaria Martínez	M. C. Gerardo Jiménez González
Dra. Doris Arianna Leyva Trinidad	Dr. Gustavo López Romero
Dr. Emigdio de la Cruz de la Cruz	Dr. Humberto Osorio Espinoza
Dr. Fabian García González	Dr. Ismael Quiroz Guerrero
Dr. Francisco Javier Marroquín Agreda	Dra. Mónica de la Cruz Vargas Mendoza
Dra. Carolina Flote Bañuelos	Dr. Oscar Andrés del Ángel Coronel
Dr. Jorge Jiménez Zilli	Dr. Salvador Partida Sedas
Dr. José Gervasio Partida Sedas	Dr. Víctor Daniel Cuervo Osorio
M.C. Magdiel Gabriel Hernández	Dr. Roberto Chiquito Contreras
Ing. José Heriberto Aguilar Pérez	Dr. José Noé Lerma Molina
Dr. Ricardo Martínez Martínez	Dr. Joaquín Velázquez Monreal