

Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología

ISSN 2954 – 4092

Año 2 Volumen II

2022



La Revista Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, es una publicación de la Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología SOMUCAAB, A.C.

t: +52 (951) 170 3994 • +52 (55) 107 5629

infosomucaab@gmail.com • <https://somucaabac.webnode.mx>

ISSN 2954 - 4092

Hecho en México

Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología es el instrumento de comunicación científica de la SOMUCAAB A.C. Los artículos originales, revisiones y notas que se publican en la revista son sometidos a un riguroso proceso de revisión en el que intervienen al menos dos evaluadores especializados de instituciones de diversos países.

Los volúmenes publicados de la RCAAB están disponibles en acceso abierto en: <https://somucaabac.webnode.mx/rev-caab/>

La reproducción por cualquier medio de los textos publicados en esta revista podrá hacerse siempre y cuando se cite la fuente, incluyendo el nombre del autor, el nombre y número de la revista, y la dirección electrónica de la misma. Asimismo, los contenidos se pueden copiar, distribuir, mostrar y utilizar para cualquier propósito que no sea comercial (a menos que obtenga su permiso). Para más información escribir a: manuscritosomucaab@gmail.com

Los artículos publicados no reflejan necesariamente la postura de la SOMUCAAB A.C. y son responsabilidad exclusiva de los autores.

Editor: Gerardo Loera Alvarado / loera412@gmail.com

Edición y formación: Sandra Pérez Miranda, Carolina Núñez Vázquez, Alfonso Luna Cruz /

infosomucaab@gmail.com

Revista Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, es una publicación anual junio de 2021. Editada por la Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología SOMUCAAB A.C. en Manantiales de Morelia #55, Colonia Los Manantiales, C.P. 58188, Morelia, Michoacán de Ocampo, México. R.F.C. MCA190222UM7. Tel.: (951) 170-3994. Editor responsable: Gerardo Loera-Alvarado. Número de certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2021-120202134300-102. ISSN: 2954 - 4092. Responsable de la última actualización de este número: Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología. Tiraje: 100 ejemplares.

2022

Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología

Editor en jefe

Dr. Gerardo Loera Alvarado

Comisión editorial

Dra. Sandra Pérez Miranda

Dra. Carolina Núñez Vázquez

Dr. Alfonso Luna Cruz

Comité Editorial

Revisor (a)	Institución	Estado, País
Dr. Claudio Rios Velasco	CIAD	Sonora, México
Dr. Edgardo Alfredo Sepúlveda Sánchez Hidalgo	CICESE	Baja California, México
Dra. Daniela Trujillo	CONACYT, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica AC	San Luis Potosí, México
Dra. Yolanda Ortega Ortega	CIQA	Coahuila, México
Dra. Ileana Vera Reyes		
Dr. John Alexander Franco Villafañe	Instituto de Física, Universidad Autónoma de San Luis Potosí	San Luis Potosí, México
Dr. Jhibran Ferral Piña	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental Chetumal.	Quintana Roo, México
Dr. Juan Eduardo Murillo Hernández	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo experimental Tecomán.	Colima, México
Dra. Nallely Rosas Flores	Colegio de Postgraduados	Estado de México, México
Dr. Cid Aguilar Carpio		
Dr. Jorge Luis Vega Chávez	Instituto Tecnológico Superior de Huichapan	Hidalgo, México
Dra. Carolina Núñez Vázquez	SOMUCAAB, A. C.	Campeche, México
Dr. Carlos A. Granados Echegoyen	Universidad Autónoma de Campeche	
Dr. Edmundo Arturo Pérez Godínez	Universidad Autónoma Chapingo	Estado de México, México
Dra. Evert Villanueva Sánchez	CONACYT-Universidad Autónoma Chapingo	Estado de México, México
Dr. Celestino Odín Rodríguez Nava	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN	
Dra. Nuvia Orduño Cruz	Universidad Autónoma de Chihuahua	Chihuahua, México
Dr. Octavio Jhonathan Camberos Campos	Universidad Autónoma de Nayarit	Nayarit, México
Dr. Juan Manuel Vanegas Rico	Universidad Nacional Autónoma de México	Ciudad de México, México
Dra. Susana González Morales		
Dr. Daniel Alfonso García Guerrero	Universidad Agraria Antonio Narro	Coahuila, México
Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza		
Dr. Danilo Fernández Ríos	Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	Paraguay
Dra. Andrea Alejandra Arrúa Alvarenga	Universidad Nacional de Asunción. Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	Paraguay
Dra. Angélica López Moreno	Secretaría de Educación Pública CEB 4/2 Lic. Jesus Reyes Heróles	Ciudad de México, México
Dr. Jorge Ariel Torres Castillo		
Dra. Reyna Ivonne Torres Acosta	Universidad Autónoma de Tamaulipas	Tamaulipas, México
Dr. Eduardo Osorio Hernández		

D.R. Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, A.C. Manantial de Morelia #55, Colonia Los Manantiales de Morelia, Morelia, Michoacán de Ocampo, C.P. 58188. R.F.C. MCA190222UM7. <https://somucaabac.webnode.mx> Tel.: (951) 170-3994.

ISSN 2954 - 4092

Hecho en México

Diseño de portada: Ing. María Guadalupe Escareño Contreras, Ingeniería Agroindustrial, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, UASLP.

Fotografías:



Imagen de Flo Dnd
en Pexels.com



Imagen de Anna Shvets
en Pexels.com



(*Metamasius spinolae* Gyllenhal)
Gerardo Loera A.

Diseño editorial:

- Dra. Sandra Pérez Miranda
- Dr. Gerardo Loera Alvarado
- Dra. Carolina Núñez Vázquez
- Dr. Alfonso Luna Cruz

Coordinación Editorial: Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología A.C., infosomucaab@gmail.com

DIRECTORIO

SOCIEDAD MULTIDISCIPLINARIA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS APLICADAS Y BIOTECNOLOGÍA A.C

“Sembrando conocimiento, cosechando desarrollo”

COMITÉ DIRECTIVO

YOLANDA RODRÍGUEZ PAGAZA

PRESIDENTE

ALFONSO LUNA CRUZ

VICEPRESIDENTE

ESPERANZA LOERA ALVARADO

SECRETARIO

ILEANA VERA REYES

TESORERA

CARLOS GRANADOS ECHEGOYEN

VOCAL

COMITÉ EJECUTIVO

GERARDO LOERA ALVARADO

NADIA LANDERO VALENZUELA

NADIA SALOMÉ GÓMEZ DOMÍNGUEZ

SANDRA PÉREZ MIRANDA

CAROLINA NÚÑEZ VÁZQUEZ

CONTENIDO

BIOECONOMÍA DEL CARRIZO (<i>Phragmites australis</i>) EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA OAXAQUEÑA, ESTUDIO DE CASO	1
López-Cruz, Juana Yolanda*, Jara Contreras, Fernando y Ortiz-Hernández, Yolanda D.	
DIVERSIDAD DE COCCINELLIDAE (COLEOPTERA) EN LIMÓN MEXICANO (<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO	6
Rodríguez-Vélez José Manuel, Rodríguez-Vélez Beatriz* y Sarmiento-Cordero Mariza Araceli.	
HONGOS ENTOMOPATÓGENOS QUE AFECTAN A <i>Bagrada hilaris</i> (BURMEISTER) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EN GUANAJUATO, MÉXICO	12
Rodríguez-Vélez Beatriz, Berlanga-Padilla Angelica María, Ayala-Zermeño Miguel Angel, Sarmiento-Cordero Mariza Araceli, Mónica Isabel Barajas- Romero y Rodríguez-Vélez José Manuel*	
EFFECTO DE NANOTUBOS DE CARBONO DE PARED MÚLTIPLE SOBRE LA EXPRESIÓN DEL GEN <i>ghs</i> EN PLÁNTULAS DE GUAYULE (<i>Parthenium argentatum</i> Gray)	17
Robles González Felipe, Ortega Ortega Yolanda, Rodríguez Hernández Ana Margarita y Kassem Mona*	
INCREMENTO DE TAMAÑO DE PUPA EN <i>Drosophila melanogaster</i> (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) MEDIANTE ENRIQUECIMIENTO NUTRICIONAL DE DIETA LARVAL.....	25
González-Cabrera Jaime, Lueras-Barrios Jorge Froilan y Sarmiento-Cordero Mariza Araceli*	
BARRENADORES DEL FRUTO DE TAMARINDO (<i>Tamarindus indica</i> L.) (FABALES, FABACEAE) Y SU PARASITOIDE EN UNA HUERTA DE COMALA, COLIMA, MÉXICO.....	30
Sarmiento-Cordero Mariza Araceli, Rodríguez-Vélez Beatriz, Rodríguez-Vélez José Manuel, Barajas-Romero Mónica Isabel y González-Cabrera Jaime*	
RENTABILIDAD Y RENDIMIENTO DE CALABACITA (<i>Cucurbita pepo</i> L.) EN FUNCIÓN DE LA NUTRICIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA.....	35
Aguilar Carpio Cid*, Cervantes Adame Yessica Flor, Sorza Aguilar Pedro Jordan y Escalante Estrada José Alberto Salvador	
IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE CONTAMINANTES PLÁSTICOS EN EL ÁREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN “KOMCHÉN DE LOS PÁJAROS”, DZEMUL, YUCATÁN, MÉXICO	41
Mejenes-López Sol de Mayo A., Camacho-Chab Juan C., Mendoza-Arroyo Gustavo E.*, Cab-Paat Guadalupe de los Ángeles, Gasca-Santos Patricia Concepción y Cob-Rivera, Katia	
CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE GUAYABA EMPLEANDO UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE QUITOSANO-GELATINA	50
Castelo-García Adriana Guadalupe, Velázquez Gonzalo, Soriano-Melgar Lluvia de Abril Alexandra, Jiménez-Regalado Enrique Javier y Aguirre-Loredo Rocío Yaneli*	

APLICACIÓN DE COMPUTADORA PARA ESTIMAR EL PORCENTAJE DE ÁREA FOLIAR CON IMÁGENES DIGITALES.....	58
Landro Valenzuela Nadia, Lara Viveros Francisco Marcelo y Aguado Rodríguez Graciano Javier*	
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN VÍA FOLIAR Y RIEGO DE PACLOBUTRAZOL EN AGUACATE HASS (<i>Persea americana Mill</i>).....	64
Ramirez-Ramirez Faustino*, Peralta-Nava Jorge Armando, Amador-Camacho Osvaldo, Ramírez-Ramirez María de Jesús, Aguilar-Bobadilla Magdalena Abigail y González-Rodríguez Rigoberto	
EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE “Huskback” EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE MAÍZ (<i>Zea mays L.</i>) EN 5 DIFERENTES ETAPAS DE MADURACIÓN.....	70
Ramirez-Ramirez Faustino*, Peralta-Nava Jorge, Amador-Camacho Osvaldo, Ramírez-Ramírez M., Garcia-Aguilar I. y González-Rodríguez R.	
EVALUACIÓN DE IONES E INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA EN EJUTLA DE CRESPO, OAXACA.....	75
Zárate-Martínez William* y Rodríguez-Hernández Rafael	
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE AGAVE EN EL ESTADO DE OAXACA Y PRODUCCIÓN NACIONAL DE MEZCAL	82
Zárate-Martínez William* y Rodríguez-Hernández Rafael	
IMÁGENES DIGITALES COMO HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE PIMIENTO MORRÓN	89
Juárez-Pelcastre Jonathan, Baylón-Palomino Adolfo, Mounzer Oussama y Lara-Viveros Francisco M.*	
MANEJO BIORRACIONAL DE TRIPS (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) EN LIMÓN MEXICANO	95
Miranda-Salcedo Mario Alberto*, López-Arroyo José Isabel, Perales-Segovia Catarino, Hurtado-Crisóstomo Sara, Miranda-Ramírez José Mario, González-Gaona Ernesto y Esperanza Loera Alvarado	
EVALUACIÓN <i>ex situ</i> DE SEIS CHILES NATIVOS DE OAXACA EN INVERNADERO.....	101
Sanjuan-Martínez Jair ¹ , Ortiz-Hernández Yolanda Donají ¹ , Aquino-Bolaños Teodulfo ¹ , Cruz-Izquierdo Serafín ² , Pérez-Pacheco Rafael ¹	

BIOECONOMÍA DEL CARRIZO (*Phragmites australis*) EN UNA COMUNIDAD INDÍGENA OAXAQUEÑA, ESTUDIO DE CASO

López-Cruz, Juana Yolanda^{1*}, Jara Contreras, Fernando¹ y Ortiz-Hernández, Yolanda D.¹

¹Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca. Hornos 1003. Col. Nochebuena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71230. *Autor para Correspondencia: jylopez@ipn.mx

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis desde el enfoque de la bioeconomía del uso, y aprovechamiento, del carrizo (*Phragmites australis*) en una comunidad indígena oaxaqueña y su contribución a los objetivos de Desarrollo sustentable. El carrizo, es utilizado para diversos fines, desde ornamentales (elaboración de artesanías) como para la construcción de viviendas, representando en ocasiones la única fuente de ingresos familiar. Se trata de un estudio sociológico cualitativo, con área de estudio en Sta. Cruz Papalutla, Oaxaca. Como resultado se encontró que esta actividad en la elaboración de artesanías, es considerada una actividad 100% ecológica, al no generar residuos contaminantes, se usa con fines económicos pero de forma sostenible, con alto contenido de inclusión social, porque constituye un factor de unión y convivencia familiar, al transmitir de manera oral, de generación en generación, el conocimiento tradicional de su manejo y elaboración; sin embargo, desde el punto de vista agronómico requiere de estrategias para promover la conservación de este recurso natural y generar oportunidades de diversificación de la economía local para promover la creación de nuevas cadenas de valor que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población.

Palabras clave: Carrizo, patrimonio cultural, estrategias de diversificación.

ABSTRACT

This article analyzes the Bioeconomy approach of the use and exploitation of the reed (*Phragmites australis*) in an Oaxacan indigenous community and its contribution to the Sustainable Development Goals. The reed is used for various purposes, from ornamental (elaboration of handicrafts) and for the construction of houses, sometimes representing the only source of family income. This study is a qualitative, sociological study, with an area of study in Sta. Cruz Papalutla, Oaxaca. As a result, it was found that this activity in the elaboration of handicrafts is considered a 100% ecological activity, as it does not generate polluting waste, it is used economically but sustainably with a high content of social inclusion, since it constitutes a factor of union and family coexistence, by transmitting orally, from generation to generation, the traditional knowledge of its handling and elaboration. However, from the agronomic point of view, it requires strategies to promote the conservation of this natural resource and generate opportunities for diversification of the local economy to promote the creation of new value chains that contribute to improving the population's quality of life.

Key words: Reed, cultural heritage, diversification strategies.

Recibido: 17 sep 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

La relación hombre-naturaleza, demuestra la dependencia que el ser humano tiene de los recursos naturales y de ahí la importancia de realizar un uso y aprovechamiento sustentables, considerando que las sociedades rurales y los recursos naturales son causa y resultado de las múltiples interacciones entre lo social y lo ecológico (Bifani, 1997) formando parte de un proceso de coproducción o coevolución. La Comisión Europea (2018) menciona que vivimos en un mundo de recursos limitados y la situación de los grandes retos globales, relacionados con el cambio climático y la *crisis de biodiversidad* relacionada con la degradación de las tierras y los ecosistemas (Wilson 1985), así como las tasas de crecimiento poblacional que cada día requieren de mayores alternativas y nuevas formas de producir y consumir para enfrentar la imperante necesidad de satisfacer sus necesidades básicas, son razones para poner atención en recursos naturales que constituyan desde el enfoque de la bioeconomía, una alternativa para hacer frente a dichos retos globales, pues la población tiene que buscar alternativas de aprovechamiento y diversificación del manejo de los recursos naturales locales con que cuentan, pero respetando siempre los límites ecológicos de nuestro planeta. Entre esos recursos naturales, se ubica el carrizo (*Phragmites australis*), gramínea que se utiliza para diversos fines, como la construcción de casas, específicamente en paredes y techos, así como para la elaboración de muebles, y artesanías, o enseres del hogar como son las escobas, canastos, armazones, etc. (Gerritsen *et al.*, 2009). El objetivo de este estudio fue analizar el aprovechamiento y manejo de esta especie, en la elaboración de artesanías de una comunidad indígena oaxaqueña y las estrategias que están implementando para la conservación de dicho recurso natural y su contribución al logro de los objetivos de Desarrollo Sustentable que contribuyan a mejorar las condiciones de calidad de vida de poblaciones marginadas y para contrarrestar la crisis actual que se observa en el campo mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo, trata de un estudio cualitativo, utilizando una metodología de observación participante apoyada con técnicas de recolección de la información como son entrevistas semiestructuradas a profundidad. La unidad de análisis fue el Grupo de artesanos "Corazón de Carrizo", y la unidad de respuesta cada uno de los 14 productores que integran dicho grupo. La comunidad de Santa Cruz Papalutla, Tlacolula, Oaxaca (Figura 1), se localiza a 26 km de la Cd. de Oaxaca. El clima es seco semicálido, con temperatura y precipitación promedio anual de 20.6°C y 645.3 mm. su extensión territorial es de 1148 ha (todas comunales), 517 ha dedicadas a la actividad agrícola y 560 ha con pastos naturales y agostaderos (PMD, 2011).



Fig. 1. Santa Cruz Papalutla, 16°57' L.N. y 96°35' L.O., y extensión territorial de 11.48 km² (PMD, 2011)

En el PMD (2011) y de acuerdo a la comisión nacional de población (CONAPO), se registró un grado medio en el índice de marginación de 0.20394 y en el índice de Rezago Social 0.28416. En el 2015, el 49 % de la población se encontraba en pobreza moderada y 19.7 % en situación de pobreza extrema. De la población total solo el 40% (786) se consideró como población económicamente activa (PEA). Actualmente, la población es de 2242 habitantes (41.8 % mujeres y 51.2% hombres), 547 de ellos hablan alguna de las 6 lenguas indígenas registradas en ese municipio, predominando el zapoteco. Entre las actividades económicas principales se encuentra la elaboración de artesanía de carrizo, con la cual se elabora la cestería, tales como: jaulas, canastos, barriles, cestería pequeña, monederos, llaveros, lámparas, biombos, cortinas, etc., estas artesanías están hechas a base de una planta popular de la región llamada "carrizo" (caña hueca con pared delgada de exterior lisa y brillante).

El carrizo (*Phragmites australis*) es una planta silvestre perenne, que se propaga por estolones y rizomas, sus brotes nuevos emergen de las yemas de los nudos de los tallos viejos, su altura va desde dos a cinco metros, crece en pantanos, drenajes, borde de los ríos y lugares húmedos, en zonas templadas y cálidas (la temperatura óptima para que se desarrolle oscila entre 30 y 35° C), crece en suelos arcillosos, tolera una moderada salinidad, pero puede crecer en agua salobre (Skernan y Riveros, 1992). En México se distribuye en varios estados incluyendo Oaxaca, donde su población es mayor en la región de Valles Centrales en Oaxaca (Figura 2).



Fig. 2. Plantas de carrizo silvestre. Santa Cruz Papalutla, Oax.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Santa Cruz Papalutla, el carrizo forma parte de la biodiversidad y se usa con fines económicos, pero de forma sostenible. El carrizo tiene múltiples usos que van desde el ornamental hasta el ceremonial (Brown, 1979); así como, para la construcción de viviendas, ya sea en paredes, techos o bardas perimetrales. Sin embargo, la pérdida de tradiciones en relación con el aprovechamiento de muchos productos forestales no maderables, como el carrizo, se ha evidenciado debido a la evolución de las costumbres y a los efectos de la globalización (Gerritsen y Morales, 2007). El carrizo se colecta a orilla de los ríos: Salado, Grande, Instancia y Seco de la barranca (PMD, 2011), estos afluentes llevan el nombre de ríos, pero en realidad son arroyos de temporal que llevan agua en épocas de lluvia. Los carrizos que cortan miden de 3 a 5 m de largo, dependiendo de la época del corte o de su secado puede usarse inmediatamente o hasta después de 3 meses; una docena de carrizos alcanza para tejer una

CONCLUSIONES

Esta actividad, es considerada una actividad 100% ecológica, al no generar residuos contaminantes y se usa con fines económicos, pero de forma sostenible, con alto contenido de inclusión social, pues constituye un factor de unión y convivencia familiar, al transmitir de manera oral, de generación en generación, el conocimiento tradicional de su manejo y elaboración.

Con el enfoque de la bioeconomía, además de mejorar la economía de la región, se fomentan valores como el respeto a la diversidad cultural, la igualdad de género, la justicia social y el cuidado y atención al medio ambiente, manteniendo el agroecosistema en equilibrio. La contribución a los objetivos de Desarrollo sustentable se refleja en los ingresos obtenidos, de la actividad, mismos que les ayudan a mejorar sus condiciones de calidad de vida, así como cubrir gastos relacionados con la educación de sus hijos y mejorar las condiciones de sus viviendas.

AGRADECIMIENTOS

A los artesanos de Sta. Cruz Papalutla, Tlacolula, Oax., y al Instituto Politécnico Nacional (SIP 20221166).

BIBLIOGRAFÍA

- Bifani, P., (1997), Medio ambiente y desarrollo, Universidad de Guadalajara, México. Comisión Europea, 2018. Una bioeconomía sostenible para Europa: consolidar la conexión entre la economía, la sociedad y el medio ambiente. COM (2018) 673 final Bruselas.
- Gerritsen, P. y Morales-Hernández J. (2007), Respuestas locales frente a la globalización económica. Productos regionales de la costa sur de Jalisco, Universidad de Guadalajara-ITESO-RASA, México. 267 p.
- Gerritsen, P. R. W., Ortiz-Arrona C. y González-Figueroa R., (2009), Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. Economía, sociedad y territorio, 9(29), 185-207.
- Rodríguez-Borray. G. (2001). La multifuncionalidad de los sistemas agroalimentarios locales. Un análisis desde la perspectiva de tres casos en Colombia, CORPOICA, Bogotá, Colombia. PMD (2011). Plan Municipal de Desarrollo de Santa Cruz Papalutla. H. Ayuntamiento de Santa Cruz Papalutla, Tlacolula, Oaxaca 2011-2013. 131 p. Disponible en: https://www.finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/380.pdf. (Consultado 20/11/21).
- Skerman, P. y Riveros F., (1992), Gramíneas tropicales, FAO, Roma, Italia. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016017689> (Consultado el 8 septiembre 2021).
- Wilson, E. (1985), "The biological diversity crisis: a challenge to science", Issues in Science and Technology, University of Texas, Dallas, pp.20-29.

DIVERSIDAD DE COCCINELLIDAE (COLEOPTERA) EN LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia* Swingle) EN EL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO

Rodríguez-Vélez José Manuel¹, Rodríguez-Vélez Beatriz^{1*} y Sarmiento-Cordero Mariza Araceli¹.

¹Centro Nacional de Referencia de Control Biológico; km 1.5 Carretera Tecomán - Estación FFCC; Col. Tepeyac; C.P. 28110, Tecomán, Colima, México. *Autor de correspondencia: beatriz_rv@yahoo.com

RESUMEN

Con la intención de conocer la diversidad de la familia Coccinellidae en cultivos de limón mexicano en Colima, México, se realizaron 14 muestreos, de mayo de 2013 a junio de 2014, utilizando cinco técnicas de muestreo: trampa Malaise, red de barrido, red aérea, trampas de bandeja amarilla y nebulización del dosel. Se recolectaron 24 especies, y se estimó una riqueza de 29 especies. La diversidad observada fue de 8.9 especies efectivas y la diversidad estimada de 9.3 especies efectivas. Adicionalmente se evidenció que el método de colecta de nebulización de dosel recolectó un 64 % de la abundancia total, siendo así más eficiente que los otros métodos de colecta utilizados.

Palabras clave: *Catarinas, riqueza, abundancia.*

ABSTRACT

With the intention of knowing the diversity of the family Coccinellidae in Mexican lemon crops in Colima, Mexico, 14 samples were carried out, from May 2013 to June 2014, using five sampling techniques: Malaise trap, sweep net, aerial net, yellow tray and canopy fogging. Twenty-four species were collected, and a richness of 29 species was estimated. The observed diversity was 8.9 effective species and the estimated diversity was 9.3 effective species. In addition, it is evident that the canopy mist collection method collects 64% of the total abundance, thus being more efficient than the other collection methods used.

Key words: *Ladybugs, richness, abundance.*

INTRODUCCIÓN

La familia Coccinellidae se compone aproximadamente por 6,000 especies y 360 géneros (Nedvěd y Kovář, 2012), la mayoría son de hábitos depredadores, por lo que varias especies han sido utilizadas en programas de control biológico de plagas agrícolas en diferentes países (Vera y Rebolledo, 2010).

Recibido: 17 sep 2021

Aceptado: 16 nov 2021

En México, en cultivos de cítricos, se reconoce a los coccinélidos como importantes depredadores de plagas (Palomares-Pérez *et al.*, 2015). Sin embargo, no existen precedentes de estudios que versen sobre la diversidad de coccinélidos en limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), aunque si en cultivos de alfalfa, maíz (Cisneros-Puma, 2021), arándanos (Vera y Rebolledo, 2010) y yaca (Rodríguez-Palamera, 2015). La presente investigación tiene como objetivo introducirse en el conocimiento de la taxonomía y determinar la abundancia, diversidad y riqueza de la familia Coccinellidae en limón mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en 10 hectáreas de limón mexicano, libre de insecticidas; en la comunidad de Tecolapa (18° 58'45.98 "N, 103° 50'27.14" W, 81 m.s.n.m.), municipio de Tecomán, Colima, México. Los muestreos se realizaron durante 14 meses, de mayo de 2013 a junio de 2014, mediante cinco métodos de recolecta: trampa Malaise, red de barrido, red de golpeo, trampas de bandeja amarilla y nebulización del dosel, de la siguiente manera: se realizó recolección con redes de barrido y aéreas una vez al mes, dando 100 golpes en la flora aledaña y 100 golpes en el dosel de los árboles; los insectos recolectados se colocaron en bolsas de plástico con etanol al 70%. La trampa Malaise se colocó entre los árboles y operó durante siete días en el mismo lugar. Diez bandejas amarillas se colocaron en el suelo, debajo de los árboles, y se operaron durante 24 h durante cada período de muestreo. Para la nebulización de dosel, un árbol al azar fue elegido mensualmente para fumigación con Cipermetrina (3 ml por litro de agua); los especímenes capturados se colocaron en recipientes de plástico con etanol al 70%.

Los especímenes recolectados se montaron sobre triángulo de papel para ser identificados con las claves dicotómicas de Gordon (1985) y fueron depositados en la Colección de Insectos Entomófagos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico en Tecomán, Colima, México.

La abundancia se determinó en función del número total de individuos recolectados en cada muestra en el área de estudio (abundancia absoluta). La riqueza de especies observada en el área de estudio correspondió al número de especies recolectadas. La riqueza estimada se calculó utilizando el programa SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation) usando un estimador de cobertura no paramétrico basado en la abundancia (ACE), Además con fines ilustrativos se realizó la curva de acumulación de especies de la riqueza observada y estimada con el programa EstimateS (Fig. 1).

La diversidad se obtuvo utilizando el programa SPADE utilizando números efectivos de especies como unidad de medida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectó una abundancia total de 481 coccinélidos, obteniendo una riqueza total observada de 24 especies. La identidad y abundancia colectada de cada una de las especies durante los 14 muestreos se exponen en el cuadro 1.

Cuadro1. Identidad y abundancia de Coccinellidae durante los 14 meses de recolecta.

Especies	Recolectas mensuales													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Azya orbiger</i> Mulsant						1								
<i>Chilocorus cacti</i> (L.)	1		1			3						7	7	
<i>Cycloneda sanguinea</i> <i>sanguinea</i> (L.)										2				
<i>Delphastus</i> sp.								1						
<i>Diomus</i> sp.1.	2						1					1		
<i>Diomus</i> sp. 2.		1								1				
<i>Diomus roseicollis</i> (Mulsant)	13		4			2	1	1	12	6	2	1	10	1
<i>Diomus seminulus</i> (Mulsant)	2				1									
<i>Hyperaspis</i> sp.1	6	0	1	1	1								2	
<i>Hyperaspis</i> sp. 2		1												
<i>Nephaspis</i> sp.			4											
<i>Olla v-nigrum</i> (Mulsant)	10											14		
<i>Pentilia insidiosa</i> Mulsant			1							1				
<i>Psyllobora parvnotata</i> Casey	10	1						4	1	4			7	
<i>Scymnobi</i> <i>flavifrons</i> (Melsheimer)	2		7			1	1			1			2	
<i>Scymnobi</i> <i>Sp. 1</i>	1													
<i>Scymnus (Pullus)</i> sp. 1	1				1					1			1	
<i>Scymnus (P.) dozieri</i> Gordon	18	5	0	0	1	0	0	2	5	1	0	3	0	0
<i>Scymnus (P.) sp. 2</i>										1				
<i>Scymnus (P.) rubicundus</i> Erichson	3		2								1			
<i>Scymnus (Scymnus)</i> sp. 1								1						
<i>Scymnus (S.)</i> sp. 2	1		10											
<i>Stethorus caseyi</i> Gordon y Chapin	17	0	15	3	9	24	4	3	12	1	55	0	8	0
<i>Zagloba beaumonti</i> Casey	3	0	12	5	3	27	2	14	13	7	2	2	13	0

La riqueza estimada fue de 29 especies (Fig. 1). La diversidad observada fue de 8.9 especies efectivas y la diversidad estimada de 9.3 especies efectivas.

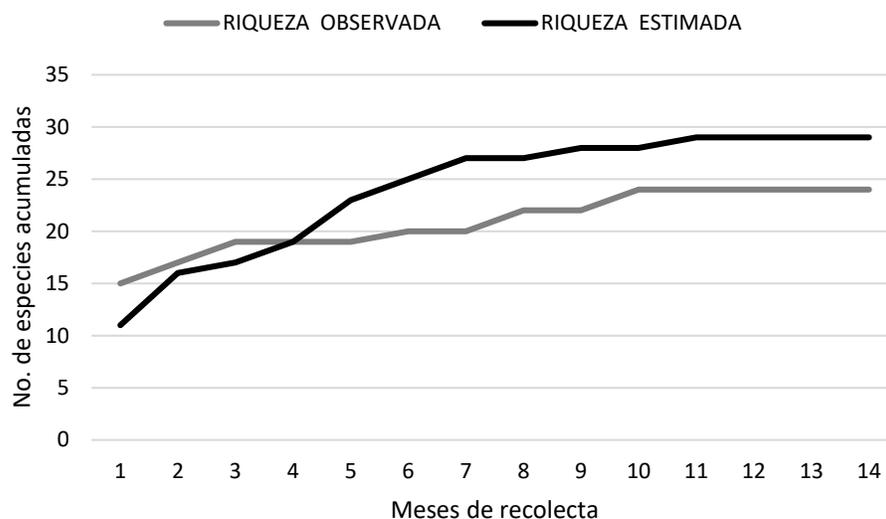


Fig. 1. Curva de acumulación de las especies de Coccinellidae (Coleoptera) colectadas en limón mexicano en Tecomán, Colima, México.

El método de colecta de fumigación obtuvo la mayor abundancia con el 64 %, seguido por golpeo en arboles 24 %, platos amarillos 9 %, red de barrido sobre arboles 3 % y trampa Malaise y red de barrido sobre maleza con menos del 1 %. Por su parte de las 24 especies encontradas, 22 pudieron ser colectadas con el método de fumigación, 9 con platos amarillos, 9 con red de golpeo sobre árboles, 3 con red de barrido sobre árboles, 1 con trampa Malaise y 1 con red de barrido sobre maleza.

Entre las especies identificadas en la presente investigación ya se han reportado en cultivo de cítricos en México a, *A. orbiger*, *C. cacti*, *C. sanguinea sanguinea.*, *O. v-nigrum* (Contreras y Argumedeo, 2012) y *Z. beaumonti* (Coronado Blanco *et al.*, 2000).

En Perú, se realizó un estudio sobre la diversidad y abundancia de Coccinellidae en alfalfa y maíz, los autores registraron en alfalfa, tres especies efectivas en la época húmeda y dos en la época seca, por su parte en maíz en la época húmeda cuatro y cinco especies efectivas, y entre tres y cuatro en la época seca (Cisneros Puma, 2021). Vera y Rebolledo (2010) registraron en cultivos convencionales y orgánicos de arándanos una diversidad en condiciones máximas con la prueba no paramétrica de U Man-Whitney, de 1.09 para cada cultivo.

El análisis de diversidad de Coccinellidae en dos localidades de cultivo de yaca en Nayarit, México mediante el índice de Shannon – Wiener, obtuvo valores 2.21 y 1.15 (Rodríguez-Palomera, 2015). No fue posible comparar la diversidad encontrada en el presente estudio con los resultados en arándanos por Vera y Rebolledo (2010) ni en yaca por Rodríguez-Palomera (2015) debido a que se utilizan diferentes análisis estadísticos, no obstante, los resultados en yaca y arándanos presentan, según los propios autores, niveles moderados de diversidad.

La diversidad observada en la presente investigación fue de 8.96 especies efectivas, superando el rango de entre dos a cinco especies efectivas en alfalfa y maíz encontrados por Cisneros Puma (2021), lo cual es lógico si se considera, que, por su diversidad y estabilidad, los cítricos ofrecen mejores oportunidades en comparación con los cultivos anuales o semestrales (Nasca *et al.*, 1981).

Es importante señalar que entre mayor diversidad exista en un sistema, se posibilita más la redundancia de insectos benéficos depredadores como fuentes de resiliencia ecológica (Peterson *et al.*, 1998), al mantener controladas las poblaciones de especies dañinas.

CONCLUSIONES

La diversidad presentada en el sitio de estudio supera lo observado en otros sistemas agrícolas. La riqueza observada fue 24 especies de coccinélidos que representan parte de un grupo funcional que regula las poblaciones de insectos fitófagos a través de la depredación, y que por añadidura contribuyen en la subsistencia y salud de los sistemas agrícolas de limón mexicano.

BIBLIOGRAFÍA

- Cisneros-Puma, L. A. (2021). Diversidad y abundancia de la familia Coccinellidae asociados a cultivos de alfalfa y maíz de los distritos de Cayma y Polobaya, provincia de Arequipa–2019. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Contreras, M. G. L., y Argumedo, J. J. (2012). Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16(1), 5-11.
- Coronado-Blanco, J. M., Ruíz Cancino, E., y Marín Jarillo, A. (2000). Registro de la asociación depredadora de *Zagloba beaumonti* Casey (Coleoptera: Coccinellidae) con *Unaspis citri* (Comstock) (Homoptera: Diaspididae). *Acta Zool. Mex.* (79): 277-278.
- Gordon, R. D. (1985). The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *J.N.Y. Entomol. Soc.* 93(1): 1-912.
- Nasca, A. J., Terán, A. L., Fernández, V. y Pascualini, A. J. (1981). Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos en el Noroeste Argentino. Centro de Investigaciones sobre regulaciones de poblaciones de organismos nocivos. Tucumán, AR, CIRPON. 351 p.
- Nedvěd, O. y Kovář, I. (2012). Phylogeny and classification. En: *Ecology and behavior of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Hodek, I., van Emden H. F. y Honěk, A. Honěk, Blackwell Publishing. República Checa. pp. 1–12.
- Palomares-Pérez, M., Rodríguez-Vélez, J. M., Rodríguez-Vélez, B., Marín-Jarillo, A., Sánchez-González, J. A., y Arredondo-Bernal, H. C. (2015). First record and predatory activity of *Exochomus marginipennis* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Entomol. News*. 125(3): 194-198.
- Peterson, G., Allen, C. R. y Holling, C. S. (1998). Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*. 1(1): 6-18.

- Rodríguez-Palomera, M. (2015). Diversidad de Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) depredadores en el cultivo de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) en Nayarit, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nayarit, Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias.
- Vera, M., Aguilera, A. y Rebolledo, R. (2010). Comparison of relative abundance and diversity of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), under two production systems in the La Araucanía Region, Chile. *Cienc. Investig. Agrar.* 37(2): 123-129.

HONGOS ENTOMOPATÓGENOS QUE AFECTAN A *Bagrada hilaris* (BURMEISTER) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EN GUANAJUATO, MÉXICO

Rodríguez-Vélez Beatriz¹, Berlanga-Padilla Angelica María¹, Ayala-Zermeño Miguel Angel¹, Sarmiento-Cordero Mariza Araceli¹, Mónica Isabel Barajas- Romero¹ y Rodríguez-Vélez José Manuel^{1*}

¹Centro Nacional de Referencia de Control Biológico; km 1.5 Carretera Tecomán - Estación FFCC km 1.5; Col. Tepeyac; C.P. 28110, Tecomán, Colima, México.

*Autor de correspondencia: jm_rodriguez81@yahoo.com.mx

RESUMEN

La chinche *Bagrada hilaris* (Burmeister) es considerada una importante plaga en su lugar de origen, África y Asia. En México se reportó por primera vez en mayo de 2014 en cultivos de crucíferas en Saltillo, Coahuila. Los hongos entomopatógenos (HE) son considerados fuertes candidatos para el control de esta chinche. Conocer los hongos nativos de esta plaga o cualquier otra es el primer paso para seleccionar los candidatos para ser evaluados y utilizados como agentes de control biológico. Por ello el objetivo de este estudio es determinar los HE mediante su aislamiento directo de los especímenes de *B. hilaris* recolectados en campo. La recolecta de las chinches se llevó a cabo en el estado de Guanajuato, México donde se visitaron diferentes cultivos de mostacilla, sorgo y brócoli en nueve localidades durante el año 2018. En laboratorio los especímenes fueron alimentados con brócoli y los ejemplares muertos fueron colocados en cámaras húmedas para favorecer el crecimiento de hongos entomopatógenos. Se obtuvieron un total de nueve aislados, dos de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill, tres de *Metarhizium* sp. y cuatro de *Isaria* sp.

Palabras clave: *Hypocreales*, *chinche pintada*.

ABSTRACT

The bug *Bagrada hilaris* (Burmeister) is considered an important pest in its place of origin, Africa and Asia. In Mexico, it was reported for the first time in May 2014 in cruciferous crops in Saltillo, Coahuila. Entomopathogenic fungi (EF) are considered strong candidates for the control of *B. hilaris*. Knowing the native fungi for this pest or any other is the first step for selecting candidates to be evaluated and used as biological control agents. Therefore, the objective of this study is to determine the diversity of EF by direct isolation from specimens of *B. hilaris* collected in the field. The collection of *B. hilaris* was carried out in the state of Guanajuato, Mexico where different crops of common giant mustard, sorghum, and broccoli were visited in nine locations during 2018. In the laboratory, the specimens were fed with broccoli and the specimens that died were placed in humid chambers to favor the growth of EF. Nine isolates were obtained, two from *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill, three from *Metarhizium* sp. and four of *Isaria* sp.

Key words: *Hypocreales*, *painted bug*.

Recibido: 17 sep 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

La chinche *Bagrada hilaris* (Burmeister) también conocida como chiche pintada o chinche bagrada es considerada una importante plaga en su lugar de origen, África y Asia (Rider, 2006). En México se reportó por primera vez en mayo de 2014 en cultivos comerciales de crucíferas y en una zona experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coahuila, en cultivos de brócoli, coliflor y repollo (Sánchez-Peña, 2014). Las principales plantas hospedantes de la chinche bagrada son los cultivos de crucíferas (Singh y Malik, 1993). Sin embargo, se le ha reportado alimentándose de muchas otras plantas que no son consideradas huéspedes principales (Reed *et al.*, 2013).

Una alternativa para el control de la chinche pintada es el uso de agentes de control biológico, donde los hongos entomopatógenos (HE) son considerados fuertes candidatos para el control de esta chinche. Conocer los hongos nativos para esta plaga o cualquier otra es el primer paso para seleccionar los candidatos para ser evaluados y utilizados como agentes de control biológico. De ahí la importancia de conocer la diversidad de estos en los diferentes agro ecosistemas y regiones para apoyar en la selección del aislado fúngico más adecuado.

El objetivo de este estudio es identificar los HE mediante el aislamiento directo de los especímenes de *B. hilaris* recolectados en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en el estado de Guanajuato, México durante el año 2018 donde se visitaron diferentes cultivos de mostacilla (*Rapistrum rugosum* L.), sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) en nueve localidades (Cuadro 1). En campo se realizó una búsqueda de especímenes de *B. hilaris*, especialmente aquellos ejemplares con signos y síntomas de infección por hongos, incluyendo alteraciones en la conducta y cambios de coloración, momificación e insectos micosados. Estos organismos se colocaron individualmente en cajas de Petri plásticas estériles de 5 cm de diámetro. También fueron recolectados insectos muertos sin indicios aparentes de infección e insectos vivos, todo el material se etiquetó debidamente y fue depositado en una hielera de poliestireno con geles refrigerantes y fue llevado al laboratorio para su posterior análisis.

Los individuos vivos fueron colocados en grupos de 30 individuos en recipientes de plástico transparente con capacidad de 1 L. En la tapa del recipiente y al costado del mismo se realizaron perforaciones de 3 cm de diámetro, las cuales fueron cubiertas con tela organza transparente para favorecer la oxigenación. Los individuos fueron alimentados con brócoli, el cual fue desinfectado en una mezcla de 5 mL de cloro en 1 L de agua destilada, donde se sumergió el brócoli por tres min, posteriormente se enjuago el brócoli con abundante agua destilada y dejo secar a temperatura ambiente. El brócoli fue cambiado cada dos días. Las chinches muertas en laboratorio se colocaron en una cámara húmeda con sulfato de potasio (K_2SO_4 , al 11%) a 25 °C para favorecer el desarrollo de posibles HE (Goettel e Inglis, 1997).

HONGOS ENTOMOPATÓGENOS QUE AFECTAN A *Bagrada hilaris*

Los insectos recolectados en campo muertos o con signos de micosis se examinaron en un microscopio estereoscópico (Stemi 2000-C, CarlZeiss), para visualizar los signos externos característicos de las especies de HE.

Los HE fueron identificados utilizando laminillas con lactofenol/azul de algodón (Fluka Analytical) (10:1), y se observaron en un microscopio óptico (AXIO SCOPE A1, Carl Zeiss) para analizar las características morfológicas presentes para su determinación taxonómica, considerando las estructuras de reproducción asexual (conidios y conidióforos), tomando como referencia las claves reportadas por Humber (2012).

Cuadro 1. Localidades recolectadas en busca de individuos de *Bagrada hilaris* infectadas de hongos entomopatógenos.

Municipio	Localidad	Coordenadas	Planta hospedera	Fecha de colecta
Santa Cruz de Juventino Rosas	Galera de la Esperanza	20.62194' N, -101.01729' O	Sorgo seco	23/V/2018
Santa Cruz de Juventino Rosas	Santa María de Guadalupe	20.60141' N, - 101.02948' O	Brócoli	23/V/2018
Santa Cruz de Juventino Rosas	Santa María de Guadalupe	20.61042' N -101.3281' O	Sorgo	23/V/2018
Comofort	Neutla	20.70432' N, -100.82697' O	Mostacilla silvestre	23/V/2018
Jerécuaro		20°15'00" N, -100°48'08.0" O	Mostacilla silvestre	12/VI/2018
Salvatierra	Urireo	20.2322307 N, -100.8453039 O	Mostacilla cultivada	02/VIII/2018
La Moncada		20.2321649 N, -100.8461485 O	Mostacilla silvestre	29/VIII/2018
La Concepción		20.6105582N, 100.784709 O	Mostacilla silvestre	29/VIII/2018
San Francisco del Rincón		20.850460 N, 101.935725 O	Mostacilla silvestre	30/VIII/2018

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las exploraciones realizadas en los cultivos de mostacilla, sorgo y brócoli, solo se encontraron chinches bagradas micosadas en mostacilla silvestre, planta hospedera donde ya se había registrado a la chinche pintada en México (Torres-Acosta y Sánchez-Peña, 2016).

Se registró un total de nueve aislados en tres de las nueve localidades recolectadas (Cuadro 2). Los hongos recuperados, *Beauveria bassiana*, especies de los géneros *Metarhizium* e *Isaria* ya han sido aislados en México y algunos evaluados en laboratorio para el control de *B. hilaris*. Hernández-Hernández (2014) realizó aislados de hongos nativos directamente de chinches pintadas recolectadas en campo en cultivos de brócoli, en Saltillo, Coahuila, donde registró a los géneros *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, *Zoophthora* y *Fusarium*, y consideró a *B. bassiana* como el principal enemigo natural de *B. hilaris*, además evaluó su efecto en esta chinche, encontrando resultados positivos. Barrera-López *et al.* (2019) evaluaron la susceptibilidad de la chinche pintada a *B. bassiana*, *Beauveria pseudobassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin e *Isaria fumosorosea* Wize, donde los aislados de *B. bassiana* causaron la mayor mortalidad por infección.

Por lo tanto, se puede considerar que una alternativa para bajar las concentraciones de productos químicos y mantener bajas las poblaciones de la plaga, es incorporar en un plan de manejo integrado las aplicaciones de HE nativos, contribuyendo al manejo sustentable.

Cuadro 2. Aislados de hongos entomopatógenos depositados en la Colección de Hongos Entomopatógenos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, obtenidos de *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) en *Rapistorum rugosum* durante las recolectas de 2018 en Guanajuato, México.

Acronimo	Especie	Localidad	Fecha
760	<i>Beauveria bassiana</i>	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018
761	<i>Beauveria bassiana</i>	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018
762	<i>Metarhizium</i> sp.	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018
763	<i>Metarhizium</i> sp.	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018
764	<i>Metarhizium</i> sp.	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N 100°28'50.9"O	12/VI/2018
738	<i>Isaria</i> sp. 1	Jerécuaro, Guanajuato. 20°15'00" N, 100°48' 08"O	12/VI/2018
757	<i>Isaria</i> sp. 2	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018
758	<i>Isaria</i> sp. 2	Urireo, Salvatierra, Guanajuato. 20°13'56.0"N, 100°50'43.1"O	02/VIII/2018
759	<i>Isaria</i> sp. 2	Jerécuaro, Guanajuato. 20°09'00.0"N, 100°28'50.9"O	12/VI/2018

CONCLUSIONES

Son reportados tres géneros de HE que infectan en campo a la chinche pintada *B. hilaris* en el área de estudio: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* sp., *Isaria* sp. 1 e *Isaria* sp. 2. Estos géneros ya han sido reportados para el país y evaluados por diferentes investigadores en contra de *B. hilaris*, sugiriendo a *B. bassiana* como uno de los principales candidatos para ser utilizados en el control biológico de esta plaga. Enfatizamos en el uso de cepas nativas, ya que están adaptadas a las condiciones ambientales de una región y persisten por largos periodos de tiempo; así, el conocer la microbiota nativa debería ser considerado dentro de las estrategias de control de plagas, permitiendo la selección de las especies mejor adaptadas a la región.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG) especialmente al Ing. René Chaurand, M.C. Violeta Elizalde Blancas, Ing. Transito Sánchez Galván, e Ing. Iván Cedric Arredondo Rodríguez por el apoyo para realizar el trabajo de campo y laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera-López, A. A., Guzmán-Franco, A. W., Santillán-Galicia, M., Tamayo-Mejía, F., Bujanos-Muñiz, R., García-Ávila, C. J. y López-Buenfil, J. A. (2019). Differential susceptibility of *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) to different species of fungal pathogens. *J. Econ. Entomol.* 113(1): 50-54.
- Goettel, M. S. e Inglis, D. (1997). Fungi: Hyphomycetes. En: *Manual of techniques in insect pathology*. Lacey, L. A. (ed.). Academic Press. Londres. Pp. 213–248.
- Hernández-Hernández, V. (2014). Patogenicidad y virulencia del hongo *Beauveria bassiana* contra la chinche de las crucíferas *Bagrada hilaris* bajo condiciones de laboratorio. Tesis que para obtener el grado de Ingeniero en Agrobiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México.
- Humber, R. A. (2012). Chapter VI: Identification of entomopathogenic fungi. En: *Manual of techniques in insect pathology*. Lacey, L. A. (Ed.). Academic Press. Londres. Pp. 151–186.
- Reed, D., Palumbo, J. C., Perring, T. M. y May. C. (2013). *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae), an invasive stink bug attacking cole crops in the southwestern United States. *J. Integr. Pest Manag.* 4: C1-C7.
- Rider, D. A. (2006). Family Pentatomidae, En: *Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region*. Vol. 5. Ukema, A., y Rieger, B. C. (eds.), Netherlands Entomol. Soc. Amsterdam. Pp. 233–402.
- Sánchez-Peña, S. R. (2014). First record in Mexico of the invasive stink bug *Bagrada hilaris* on cultivated crucifers in Saltillo. *Southwest. Entomol.* 39(2): 375-377.
- Singh, H. y Malik, V. S. (1993). Biology of painted bug. *Indian J. Agric. Sci.* 63: 672-674.
- Torres-Acosta, R. I. y Sánchez-Peña, S. R. (2016). Geographical distribution of *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in Mexico. *J. Entomol. Sci.* 51(2): 165-167.

EFFECTO DE NANOTUBOS DE CARBONO DE PARED MÚLTIPLE SOBRE LA EXPRESIÓN DEL GEN *ghs* EN PLÁNTULAS DE GUAYULE (*Parthenium argentatum* Gray)

Robles González Felipe¹, Ortega Ortega Yolanda¹, Rodríguez Hernández Ana Margarita¹ y Kassem Mona^{1*}

¹Centro de investigación en Química Aplicada, Departamento de Biociencias y Agrotecnología, Saltillo, 25294. *Autor de Correspondencia: mona.kassem@ciqa.edu.mx

RESUMEN

Los nanotubos de carbono de pared múltiple fueron reportados como estimuladores de la actividad fotosintética y promotores de crecimiento, así como agentes abióticos que pudieran alterar la expresión de genes en varios cultivos hortícolas lo que supondría una oportunidad para explorar este potencial con fines de inducir la ruta de biosíntesis de hule natural en cultivos industriales. En este trabajo se evaluó el efecto de los NTCPM en plántulas de guayule (*Parthenium argentatum* Gray; *Asteraceas*), sobre la expresión del gen que codifica la proteína GHS involucrada en la biosíntesis del hule. El ensayo fue realizado con un total de 160 plántulas propagadas *in vitro* provenientes de una misma línea. Los NTCPM fueron añadidos al medio de cultivo con diferentes niveles de concentración (0, 10, 25 y 50 ppm). Los resultados obtenidos confirmaron el desplazamiento de los nanotubos desde el suelo hacia las raíces a través de los cuales lograron entrar y llegar a las hojas en todas las plántulas expuestas a dichos nanomateriales. Los NTCPM causaron una supresión significativa en la expresión del gen *ghs*, y ésta fue proporcional al aumento de la concentración del nanomaterial en las primeras 24 horas después de la diferenciación de tratamientos. Sin embargo, la expresión del gen comenzó a recuperarse al cabo de 48 horas, manifestando una supresión no significativa en comparación al tratamiento control.

Palabras clave: Biosíntesis del hule, expresión genética, PCR semicuantitativa.

ABSTRACT

Multiwall carbon nanotubes "MWCNT" has been reported to increase plant photosynthetic activity and to promote plant growth in different horticultural crops. This work aimed to evaluate the effect of MWCNT on the expression of the gene that encodes the GHS protein involved in rubber biosynthesis in guayule (*Parthenium argentatum* Gray; *Asteraceae*) seedlings. The experiment was carried out on 160 seedlings propagated *in vitro* from the same line. The MWCNT were added to the culture medium at different concentration levels (0, 10, 25 and 50 ppm). The results showed that the nanotubes entered the roots, moved through the stem and reach up to the leaves of all the seedlings exposed to these nanomaterials. Therefore, the expression of the *ghs* gene was significantly suppressed in proportion to the concentration of MWCNT at only 24 hours after the first application through the irrigation solution. However, 48 hours later, the gene expression began to recover but always showing a slight non-significant suppression relatively to control treatment.

Key words: rubber biosynthesis, genetic expression, semiquantitative PCR.

Recibido: 17 sep 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

El guayule *Parthenium argentatum* es un arbusto nativo de las zonas áridas de la parte centro-norte de México, particularmente se encuentra en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y en el sur de Texas en los EUA (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2006). Las plantas maduras de guayule producen hule natural de alta calidad en el tejido del parénquima de la corteza, sobre todo durante el invierno (Benedict *et al.*, 2010). El hule natural es un polímero cis-1,4-polyisopropeno que tiene características y propiedades únicas no igualables por ninguno de los hules de origen sintético, por lo cual tiene una importancia económica que exige su producción a gran escala y de manera continua. Dado que el contenido de hule no supera el 20% del total de biomasa de la planta de guayule y tarda de 2 a 3 años para alcanzar dicho porcentaje, muchos esfuerzos científicos buscan producir nuevas variedades con características agrícolas mejoradas, incluyendo técnicas avanzadas de cultivo *in vitro*, técnicas para la identificación de especies y líneas nuevas, estudios y análisis de variabilidad genética, secuenciación y estrategias de ingeniería genética (Cherian *et al.*, 2019). Otros esfuerzos buscan identificar factores capaces de inducir o acelerar la biosíntesis de hule, la cual se desarrolla en las vesículas cubiertas de una sola capa lipídica conocida como “partículas de hule”, a partir de un iniciador de pirofosfato alílico, como el pirofosfato de farnesilo (FPP), seguido por la adición progresivas de moléculas de isopentenil pirofosfato (IPP). El monómero de IPP se sintetiza por la vía del ácido mevalónico (MVA) en el citosol de las células vegetales. También, IPP y su isómero pirofosfato de dimetilo alilo (DMAPP) se sintetizan en los plástidos a través de la vía alternativa de 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfato (MEP) (Rousset *et al.*, 2021). Este proceso de acumulación de hule mostró ser susceptible a factores de estrés abiótico tal como el frío (Stonebloom y Scheller, 2019) y la falta de agua (Dong *et al.*, 2021) pero se desconoce todavía su respuesta en presencia de nanopartículas que podrían producir un efecto similar. En presencia de nanotubos de carbono, la planta reacciona con una expresión selectiva de ciertos genes y manifiesta cambios morfológicos similares a una respuesta provocada por un estrés ambiental Yan *et al.* (2013). Estos autores, observaron la supresión de los genes *RTH1* y *RTH3* como responsables de una reducción en la elongación de raíces principales, y un aumento en la expresión de los genes *SLR1* y *RTCS* asociados con el crecimiento de raíces secundarias en maíz. En plantas de arroz, Lin *et al.* (2009) reportaron el efecto de los nanotubos de carbono sobre la expresión genética y sus correspondientes vías de señalización. En plantas de tomate, la aplicación de NTCPM provocó una regulación positiva en la expresión del gen *LeAqP2* que codifica la proteína aquaporina causando por tanto alteraciones en su balance hídrico (Khodakovskaya *et al.*, 2011). De igual manera los mismos autores confirmaron que los NTCPM promueven el desarrollo de plantas de tabaco mediante regulación positiva de 3 genes: uno relacionado con el transporte de agua *NtPIP1*, y dos relacionados con la división celular *NtLRX* y *NycB*. A su vez, Yuan *et al.* (2017) detectó la capacidad de los NTCPM a aumentar el número de nódulos en un sistema de simbiosis rizobio-leguminosa y mejorar su actividad nitrogenasa. El aumento de la nodulación fue correlacionado con la regulación positiva de algunos genes involucrados en la correspondiente vía de señales, específicamente el gen *NIN* considerado como regulador principal de la misma.

Muchas proteínas involucradas en la ruta de biosíntesis del hule en guayule fueron caracterizadas y reportadas en la literatura, sin embargo, queda mucho por saber sobre los factores y/o condiciones que provocan su producción y su papel en la formación del rendimiento final de hule en la planta. Las proteínas de pequeñas partículas de hule o SRPP por sus siglas en inglés (Small Rubber Particle Protein) pueden ser inducidas por factores de estrés y contribuyen a fortalecer la tolerancia de la planta en condiciones adversas (Balbuena *et al.*, 2011; Fricke *et al.*, 2013). En *Hevea brasiliensis* o árbol de caucho, la proteína SRPP es la más abundante, lo que hace pensar que tiene un papel importante en la biosíntesis de hule (Men *et al.*, 2019). El silenciamiento del gen que codifica esta proteína no mostró una disminución en la biosíntesis de hule en lechuga, mientras en *Taraxacum brevicorniculatum* o diente de león causó una reducción en el contenido de hule seco (40-50%), sin afectar la masa molecular ni la polidispersidad del hule producido (Hillebrand *et al.*, 2012; Chakrabarty *et al.*, 2015). En guayule, la GHS es una proteína homóloga a la SRPP que fue descrita por primera vez en 2004 y se localiza en la membrana de la partícula de hule con una función poco evidente hasta la fecha. Se ha demostrado *in vitro* que la GHS contribuye en la incorporación de IPP en la cadena de hule durante el proceso de biosíntesis (Kim *et al.*, 2004). Por todo lo anterior, en este trabajo se pretende estudiar el comportamiento del gen que codifica la proteína GHS y su posible relación con la presencia de NTCPM como factor de estrés abiótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo *in vitro*. Plántulas de guayule previamente propagadas a partir de una planta desarrollada en condición *in vitro* fueron cultivadas en medio basal Murashige & Skoog MS (1962) con NTCPM con pureza de 97.7 %, diámetro externo / interno de 23.90/ 6.60 nm, espesor de pared de 9.45 nm, aproximadamente de 35 capas. La preparación del medio se realizó en dos pasos: (i) suspensión de NTCPM a 3 concentraciones 10, 25 y 50 ppm en medio acuoso usando ultrasonicador Branson 2800 (100 W, 40 KHz) durante 30 min, (ii) agregación del medio MS y ajuste del pH a 5.8. Tras la esterilización del medio, todos los frascos se agitaron constantemente hasta la solidificación. Todas las plántulas se mantuvieron en condiciones controladas de luz y temperatura (12 h luz a 25°C) durante todo el experimento.

Espectro Raman. Para confirmar la presencia de NTCPM en el interior de las plántulas, se realizó un muestreo destructivo de 3 ejemplares por tratamiento. Las muestras se prepararon utilizando el método desarrollado por Das *et al.*, (2018) para su posterior análisis en espectroscopia Laser-Micro-Raman de Horiba-Jobin Yvon LabRam HR800 (50X, 100-4000 cm⁻¹, 6 mW, 532 nm, 10 s). Este método consiste en una digestión ácida, optimizada para liberar los nanotubos de tejido molido.

RT-PCR semicuantitativa. Para la extracción del ARN total de la planta, se usó el reactivo TRI Reagent (Ambion), siguiendo las instrucciones del fabricante. Se llevó a cabo una transcripción reversa de los ARN mensajeros en cada muestra usando un cebador poli-T y la enzima Superscript III Reverse Transcriptase (Invitrogen Corporation). La cuantificación de transcritos *ghs* se realizó mediante la

técnica de PCR dúplex semi cuantitativa usando la enzima Taq DNA polimerasa recombinante (Invitrogen Co.) y dos pares de cebadores específicos a los mensajeros del gen *ghs* (sentido: 5'-TGAATCCAATCAGTCCGC-3' y antisentido: 5'-GTACAATGTGTTGGCCAC-3') y el factor de transcripción *E1F4A* (sentido:5'-TGTACCATTACCAAGGG-3' y antisentido: 5'-TCCTCACGAACACTAGTC-3') descrito por Ponciano *et al.*, 2012 como endógeno de guayule. La PCR se llevó a cabo utilizando un termociclador Labnet MultiGene Mini, en tres pasos: 30 s a 94 °C, 30 s., a 50 °C y 1 min a 72 °C y 23 ciclos. La cuantificación relativa se llevó a cabo utilizando Adobe Photoshop mediante la determinación de intensidad, o luminosidad, de cada banda correspondiente a *ghs* y al endógeno presente en los geles de agarosa al 1.5%. Para la determinación de la luminosidad de bandas, se tomó en cuenta el promedio de la luminosidad de píxeles en un área que delimita a cada banda de manera individual.

Diseño experimental. El diseño utilizado fue con un arreglo completamente al azar con un total de 160 plántulas de los cuales 40 corresponden a cada uno de los tratamientos del estudio (0 (control), 10, 25 y 50 ppm). A las 24, 48 y 72 HDDT (Horas Después la Diferenciación de los Tratamientos), se realizaron muestreos de 10 plántulas por tratamiento para la extracción de ácido ribonucleico (ARN) total. Las plantas restantes se usaron para detectar la presencia de NTCPM en éstas.

Análisis estadístico. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de software SPSS 19 para el cálculo del ANOVA de una vía, seguido de la prueba de comparación múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$). Los valores presentados son las medias \pm SE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Detección de penetración y presencia de NTCPM en los órganos de la planta. La confirmación de la penetración y la localización de los NTCPM en los órganos de las plántulas (raíz, tallo y hoja) se realizó comparando los espectros Raman generados por NTCPM en estado puro con aquellos procedentes de aglomeración de NTCPM recuperados de las muestras por medio de una digestión con ácido nítrico. Todas las plántulas tratadas con el nanomaterial manifestaron espectros Raman similares a aquellos de NTCPM en el estado puro, caracterizados por las tres bandas: 1,300-1,350 cm^{-1} , 1,500-1,600 cm^{-1} y 2,600-2,700 cm^{-1} conocidas como banda D, G y D' respectivamente (Fig. 1).

La detección por medio del espectro Raman confirmó que, desde las primeras 24 horas, los NTCPM fueron absorbidos por las plántulas y transportados mediante los tejidos conductores del tallo hasta llegar a la hoja. En caso de las plántulas control, no se detectaron las tres bandas correspondientes a los NTCPM. Cabe mencionar que la absorción de los NTCPM en plantas de guayule en condiciones *in vivo*, y su detección en raíces, tallos y hojas por espectroscopía Raman, fueron confirmadas previamente en los laboratorios del departamento de Biociencias y Agrotecnología de CIQA/CONACYT (tesis de maestría: Daniel Soto Muñoz, 2019, programa de Posgrado En Agroplasticultura). La absorción de NTC se describió en cultivos como tomate (*Solanum lycopersicum*; Khodakovskaya *et al.*, 2011; Miralles *et al.*, 2012), mostaza (*Brassica juncea*; Chen *et al.*, 2015) y lechuga (*Lactuca sativa*; Das *et al.*,

2018). No obstante, la absorción y movimiento de los nanomateriales de carbono y su translocación al interior de la planta depende de su nivel de aglomeración/dispersión y de su interacción con las diferentes moléculas orgánicas presentes en el medio (Villagarcía *et al.*, 2012).

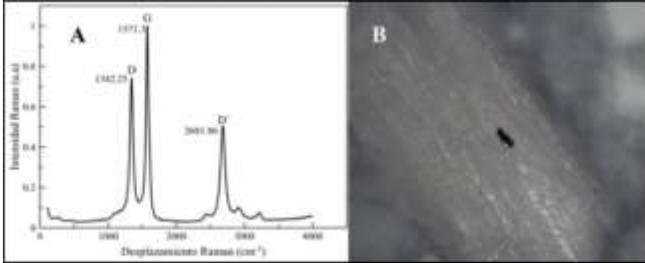


Fig. 1. A) Patrón de espectros característico de NTCPM puros mostrando las tres bandas D, G y D'. B) Imagen mostrando la aglomeración de NTCPM en tejido de hojas de guayule después de haber sido sometidos a una digestión con ácido nítrico.

Expresión genética de *ghs* por RT-PCR semicuantitativa. Las reacciones de RT-PCR duplex resultaron en la generación de fragmentos de 434 y 239 pb correspondientes a *ghs* y al gen endógeno, respectivamente en cada reacción. Los promedios de los valores de luminosidad de las bandas de *ghs* respecto al endógeno en cada muestra se calcularon para cada tratamiento a las 24, 48 y 72 HDDT (Fig. 2). A las 24 HDDT y como se puede apreciar en la Fig. 2, en todos los tratamientos suplementados con NTCPM hubo una supresión significativa en la expresión del gen *ghs*. La expresión genética del gen *ghs* se manifestó inversamente proporcional al aumento de la concentración de los NTCPM. Los promedios del ratio de intensidad del producto *ghs*/endógeno fueron: 0.704 ± 0.103 ; 0.550 ± 0.135 ; 0.427 ± 0.154 y 0.074 ± 0.181 respectivamente en los tratamientos 0, 10, 25 y 50 ppm. Registrando los valores más bajos en plántulas sometidas a una concentración de NTCPM de 50 ppm.

A las 48 HDDT, la supresión en la expresión del gen *ghs* sigue detectada en las muestras de las plántulas sometidas a NTCPM respecto a las plántulas control (Fig. 2, 48 HDDT), sin embargo, no se presentó la misma tendencia observada en las muestras con exposición a tratamiento después de 24 HDDT. Estadísticamente, la supresión detectada a las 48 HDDT no fue significativa. Los valores promedios de intensidad fueron: 0.433 ± 0.106 para el control, 0.320 ± 0.111 , 0.309 ± 0.184 , 0.395 ± 0.093 para las concentraciones 0, 10, 25 y 50 ppm de NTCPM, respectivamente. A 72 HDDT los análisis estadísticos no muestran diferencia significativa entre los tratamientos en comparación al control (Fig. 2, 72 HDDT) con los valores de promedio de intensidad de 0.581 ± 0.159 , 0.481 ± 0.125 , 0.606 ± 0.228 y 0.432 ± 0.137 para las concentraciones 0, 10, 25 y 50 ppm de NTCPM, respectivamente.

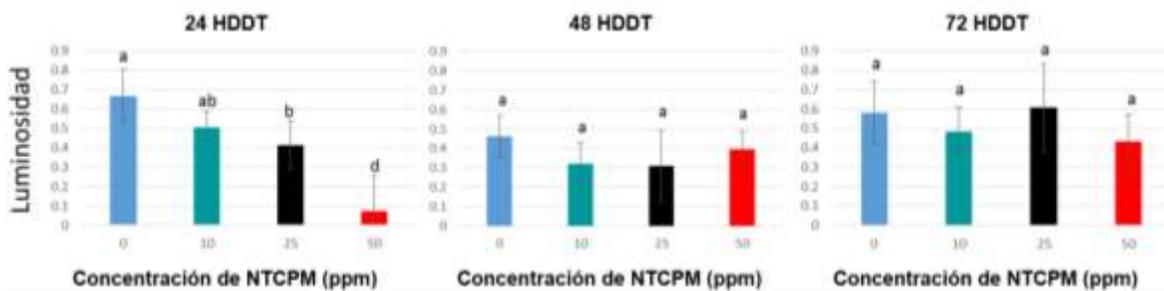


Fig. 2. Promedio de la luminosidad de píxeles de la amplificación del RNAm del gen *ghs* relativamente a la amplificación del endogeno *E1F4A* en plántulas de guayule sometidas a diferentes concentraciones de NTCPM ($P \leq 0.05$)

Los resultados mostraron que la exposición de plántulas de guayule a NTCPM causó significativa supresión en la expresión del gen *ghs* a tan solo 24 HDDT. Esto resalta, por un lado, la rapidez con la cual pueden moverse los NTCPM desde el medio de cultivo hacia los diferentes tejidos de la plántula y, por otro lado, indica que el estímulo provocado por estas nanopartículas difiere del estímulo provocado por frío o por falta de agua ya que ambos factores suelen inducir un aumento en la expresión del gen *ghs* (Stonebloom y Scheller, 2019; Dong *et al.*, 2021). La supresión de este último no fue permanente sino se levantó progresivamente a las 48 y 72 HDDT debido a una posible intervención de diferentes compuestos orgánicos como las peroxidasas cuya producción se incrementa en diferentes tejidos vegetales en respuesta a los intrusos exógenos (Kotchey *et al.*, 2013) y que son capaces de eliminar los átomos de carbono desintegrando por tanto las láminas enrolladas de grafeno formando carbono amorfo (You *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

La absorción de NTCPM actúa como factor de estrés abiótico diferente al estrés provocado por frío o por falta de agua y su duración es limitada debido a posible intervención de los mecanismos de defensa de la planta.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, como Proyecto de Investigación Científica Básica – 2016 (No. de Proyecto: 288207) titulado: Rendimiento fotosintético y expresión genética de proteínas involucradas en la ruta de biosíntesis de hule en plántulas de guayule dopadas con nanotubos de carbono. El agradecimiento se extiende a la Dra. Graciela Elizabeth Morales por habernos facilitado los NTCPM y a la M.C. María del Rosario Rangel Ramírez por su apoyo con los análisis con el equipo Raman.

BIBLIOGRAFÍA

- Balbuena TS, Salas JJ, Martínez-Force E, Garces R. and Thelen JJ. (2011). Proteome analysis of cold acclimation in sunflowers. *J. Proteome Res.* 10:2330–2346.
- Benedict CR, Goss R, Greer PJ, Foster MA. (2010). The formation of rubber-producing cortical parenchyma cells in guayule (*Parthenium argentatum* Gray) by low temperature. *Ind Crops Prod.* 31:516–520.
- Chakrabarty R, Qu Y, Ro DK. (2015). Silencing the lettuce homologs of small rubber particle protein does not influence natural rubber biosynthesis in lettuce (*Lactuca sativa*). *Phytochem.* 113:121-129.
- Chen G, Qiu J, Liu Y, Jiang R, et al. (2015). Carbon nanotubes act as contaminant carriers and translocate within plants. *Scientific Reports.* 5: e15682.
- Cherian S, Ryu SB, Cornish K. (2019). Natural rubber biosynthesis in plants, the rubber transferase complex, and metabolic engineering progress and prospects. *Plant Biotechnol. J.* 17:2041–2061
- Daniel Soto Muñoz. (2019). Tesis de maestría: programa de Posgrado En Agroplasticultura CIQA-CONACyT. Repositorio Institucional de CIQA 2021.
- Das KK, You Y, Torres M, et al. (2018). Development and application of a digestion-Raman analysis approach for studying multiwall carbon nanotube uptake in lettuce. *Env Sci: Nano.* 5:659–668.
- Dong C, Ponciano G, Huo N. et al. (2021). RNASeq analysis of drought-stressed guayule reveals the role of gene transcription for modulating rubber, resin, and carbohydrate synthesis. *Sci Rep* 11:21610.
- Fricke J, Hillebrand A, Twyman RM, Pruffer D, Gronover CS. (2013). Abscisic acid-dependent regulation of small rubber particle protein gene expression in *Taraxacum brevicorniculatum* is mediated by TbbZIP1. *Plant Cell Physiol.* 54, 448–464.
- Hillebrand A, Epping J, Wurbs D, Schulz C, Wahler D, Lenders M, Krzyzaneck V, Prüfer D. (2012). Down-Regulation of Small Rubber Particle Protein Expression Affects Integrity of Rubber Particles and Rubber Content in *Taraxacum brevicorniculatum*. *PLoS ONE.* 7(7): e41874.
- Jasso de Rodríguez D, Angulo-Sánchez JL, Rodríguez-García R. (2006). An overview of guayule research and development in Mexico. *Ind Crops Prod.* 24 (3): 269-273.
- Khodakovskaya MV, deSilva K, Nedosekin DA, et al. (2011). Complex genetic, photothermal, and photoacoustic analysis of nanoparticle-plant interactions. *Proc Natl Acad Sci USA.* 108(3):1028-33.
- Kim IJ, Ryu SB, Kwak YS y Kang H. (2004). A novel cDNA from *Parthenium argentatum* Gray enhances the rubber biosynthetic activity in vitro. *J. Exp. Bot.* 55(396): 377-385.
- Kotchey GP, Zhao Y, Kagan VE, Star A. (2013). Peroxidase-mediated biodegradation of carbon nanotubes in vitro and in vivo. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 65, 1921-1932.
- Lin Ch, Fugetsu B, Su Y, Watari F. (2009). Studies on toxicity of multi-walled carbon nanotubes on *Arabidopsis* T87 suspension cells. *J. Hazard. Mater.* 170: 578–583.

- Men X, Wang F, Chen G, Zhang H y Xian M. (2019). Biosynthesis of natural rubber: Current state and perspectives. *Int J Mol Sci.* 20(1): 50.
- Miralles P, Church TL, Harris AT (2012). Toxicity, uptake, and translocation of engineered nanomaterials in vascular plants. *Environ. Sci. Technol.* 46(17):9224-39.
- Murashige T & Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Ponciano G, McMahan CM, Xie W, et al. (2012). Transcriptome and gene expression analysis in cold-acclimated guayule (*Parthenium argentatum*) rubber-producing tissue. *Phytochem.* 79:57-66.
- Rousset A, Amor A, Punvichai T, et al. (2021). Guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray), a Renewable Resource for Natural Polyisoprene and Resin: Composition, Processes and Applications. *Molecules* 26 (664): 1-22.
- Stonebloom SH, Scheller HV. (2019). Transcriptome analysis of rubber biosynthesis in guayule (*Parthenium argentatum* gray). *BMC Plant Biol.* 19(71): 1-10.
- Villagarcia H, Dervishi E, de Silva K, Biris AS, Khodakovskaya MV (2012). Surface Chemistry of Carbon Nanotubes Impacts the Growth and Expression of Water Channel Protein in Tomato Plants. *Small* 8(15):2328–2334.
- Yan S, Zhao L, Li H, Zhang Q, et al. (2013). Single-walled carbon nanotubes selectively influence maize root tissue development accompanied by the change in the related gene expression. *J Hazard Mater* 246-247:110-118.
- You Y, Das KK, Guo H, Chang C-W, et al. (2017). Microbial Transformation of Multiwalled Carbon Nanotubes by *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1. *Environ. Sci. Technol.* 51:2068-2076.
- Yuan Z, Zhang Z, Wang X, et al. (2017). Novel impacts of functionalized multi-walled carbon nanotubes in plants: promotion of nodulation and nitrogenase activity in the rhizobium-legume system. *Nanoscale*, 9: 9921-9937.

INCREMENTO DE TAMAÑO DE PUPA EN *Drosophila melanogaster* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) MEDIANTE ENRIQUECIMIENTO NUTRICIONAL DE DIETA LARVAL

González-Cabrera Jaime¹, Lueras-Barrios Jorge Froilan² y Sarmiento-Cordero Mariza Araceli^{1*}

¹Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, SENASICA-SADER, km 1.5 Carretera Tecomán-Estación FFCC, Col. Tepeyac, C.P. 28110, Tecomán, Colima, México.

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Km 40 Autopista Colima-Manzanillo, Crucero de Tecomán, C.P. 28930, Tecomán, Colima, México.

*Autor de correspondencia: marizilla@hotmail.com

RESUMEN

La cría del parásitoide *Trichopria drosophilae* (Perkins) se implementó en 2019 para combatir a la mosca del vinagre de alas manchadas, *Drosophila suzukii* Matsumura. Desde entonces, dicha cría ha tenido el enfoque de cría masiva y se ha considerado exitosa, pero su principal desventaja es que su huésped (*Drosophila melanogaster* Meigen) produce pupas de tamaño mediano. Por ello, para producir pupas de mayor tamaño, se enriqueció nutricionalmente la dieta larval de *D. melanogaster* con cinco diferentes concentraciones (0, 0.05, 1, 2 y 7 g por lote) de cuatro proteínas (soya, caseína, arroz, y clara de huevo) y cuatro grasas (aceite de olivo, aceite de coco, manteca, y yema de huevo). De todos los ingredientes evaluados, se registró el mayor aumento en el tamaño de pupa (29.3%) cuando se agregaron 0.05 g de clara de huevo a la dieta.

Palabras clave: control biológico por aumento, cría masiva, insectos benéficos.

ABSTRACT

The rearing of the parasitoid *Trichopria drosophilae* (Perkins) was implemented in 2019 to combat the spotted wing, *Drosophila suzukii* Matsumura. Since then, such rearing has had a mass rearing approach and has been considered successful, but its main disadvantage is that its host (*Drosophila melanogaster* Meigen) produces medium-size pupae. Therefore, to produce bigger pupae, the larval diet of *D. melanogaster* was nutritionally enriched with five different concentrations (0, 0.05, 1, 2 and 7 g per batch) of four proteins (soy, casein, rice, and white egg) and four fats (olive oil, coconut oil, butter, and egg yolk). Among the eight tested ingredients, the white egg registered the largest increase in pupal size (29.3%) when 0.05 g were added to the diet.

Key words: augmentative biological control, mass rearing, beneficial insects.

INTRODUCCIÓN

La mosca del vinagre de alas manchadas *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) se considera una amenaza para la industria mexicana de frutillas (tercer producto agroalimentario de exportación con un valor económico de 2,106 millones de USD), ya que puede ocasionar pérdidas económicas de hasta el 100%. Los métodos actuales de control presentan desventajas: son costosos,

Recibido: 17 sep 2021

Aceptado: 18 nov 2021

requieren de bastante mano de obra y no se aplican en las áreas no-agrícolas; por lo que actualmente se están buscando alternativas más sustentables (Schetelig *et al.*, 2018). El uso del parasitoide *Trichopria drosophilae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae), se considera una alternativa de control ya que reduce hasta 50% la población de *D. suzukii* en evaluaciones de campo (González-Cabrera *et al.*, 2019). No obstante, no se libera rutinariamente como medida complementaria o de control total de *D. suzukii*, probablemente por la falta de métodos eficaces de producción masiva (Kruitwagen *et al.*, 2018).

Drosophila suzukii se detectó por primera vez en México en 2011, su manejo fitosanitario consistió en la implementación de la cría del parasitoide *T. drosophilae* en julio de 2019, en el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), Tecomán, Colima. Desde entonces, se realiza la cría utilizando pupas de *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae), dado que se considera un huésped ideal porque tiene un ciclo de vida corto y es prolífico. No obstante, presenta la desventaja de que sus pupas son de menor tamaño respecto a otros dípteros, lo que produce avispa más pequeñas. El tamaño del adulto es una característica correlacionada positivamente con su fecundidad, longevidad y capacidad de búsqueda, entre otras características (Lane *et al.*, 2001). Por ello, existe la incertidumbre de que los parasitoides producidos sobre *D. melanogaster* sean de moderada calidad, aunque dicho supuesto no se ha confirmado en todos los casos evaluados (Esteban-Santiago *et al.*, 2020; Haussling *et al.*, 2021).

Para producir pupas de mayor tamaño de *D. melanogaster*, y subsecuentemente mejorar el tamaño de los parasitoides que se producen en el CNRCB, en el presente trabajo se enriqueció la dieta larval de *D. melanogaster*, con cinco concentraciones de cuatro proteínas y cuatro grasas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de experimentación y obtención del material biológico. El estudio se realizó en el CNRCB, institución gubernamental adscrita a la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) del SENASICA, y ubicada en Tecomán, Colima. Los especímenes de *D. melanogaster* se obtuvieron de una colonia establecida en el CNRCB en julio de 2019, la cual se mantiene en la dieta artificial: agua purificada (480 ml), alcohol etílico al 95% (10 ml), azúcar de mesa (45 g), benzoato de sodio (8 g), germen de trigo crudo (100 g), harina de maíz (30 g), HCl al 1 M (1.67 g) y levadura de cerveza (35 g). Cuyo proceso de preparación consiste en: mezclar en agua fría todos los ingredientes (excepto el HCl y alcohol) y hervir durante siete minutos, enfriar la mezcla durante 10 min a temperatura ambiente y agregar el HCl y alcohol (González-Cabrera *et al.*, 2018; Mendoza-Ceballos *et al.*, 2018). Tanto la colonia como la ejecución de los presentes experimentos se realizaron bajo condiciones de laboratorio (23 ± 1 °C y $40 \pm 5\%$ de HR).

Enriquecimiento de la dieta larval de *Drosophila melanogaster*. Para la producción de pupas de mayor tamaño de *D. melanogaster*, la dieta artificial se enriqueció y evaluó en cinco diferentes concentraciones (0, 0.05, 1, 2 y 7 g por lote) de cuatro grasas y cuatro proteínas (Cuadro 1) (i.e., 40 tratamientos), y dichos enriquecimientos se realizaron de la manera siguiente: se prepararon individualmente 40 dietas

de *D. melanogaster*, y cada mezcla resultante se enriqueció con una de las 40 combinaciones de ingredientes. A continuación, para obtener las pupas y subsecuentemente medir su tamaño, por tratamiento se llenaron seis cajas Petri (5.4 cm de diámetro por 1.4 cm de altura) de dieta húmeda, y todas las cajas se expusieron como sustrato de oviposición en un cubo (70 cm por lado, cubierto con tela de organza y conteniendo 1000 dípteros adultos de *D. melanogaster*). Veinticuatro horas después se retiraron los dípteros, después de siete días se extrajeron cinco pupas por caja Petri (i.e., 30 repeticiones por tratamiento). Se realizó un registro fotográfico, las imágenes resultantes se procesaron en el programa Eleif.net®, para obtener las medidas de longitud y ancho como variables de respuesta. Todo este procedimiento se repitió cuatro veces.

Análisis estadísticos. Para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos en el tamaño de pupas de *D. melanogaster*, los datos obtenidos se analizaron a través de análisis de varianza de un factor, con prueba de comparaciones múltiples de Tukey y $P \leq 0.05$.

Cuadro 1. Criterios para la selección de las proteínas y grasas.

Ingredientes	Origen vegetal	Origen animal
Proteína de cadena corta	soya	clara de huevo
Proteína de cadena larga	arroz	caseína
Grasas poliinsaturadas	aceite de coco	manteca
Grasas monoinsaturadas	aceite de olivo	yema de huevo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enriquecimiento con grasas y proteínas en la dieta artificial de las larvas de *D. melanogaster* incrementó de 17.1% hasta un 29.3% el tamaño de las pupas (Fig. 1). Aparentemente el efecto en el aumento de talla de las pupas no depende del origen del ingrediente (vegetal o animal), longitud de las proteínas (cadena corta o larga) o grado de saturación de las grasas (mono o poliinsaturadas), sino que el efecto es específico por cada nutriente evaluado (Fig. 1). *Drosophila melanogaster* desde hace más de cien años ha sido un organismo modelo para investigar principios fundamentales de metabolismo y fisiología de los seres vivos, pero para nuestro conocimiento no ha sido estudiada como potencial insecto benéfico, por lo que, a la fecha, no se conocen estudios similares donde a través de una nutrición optimizada se incremente el tamaño de sus pupas. Los tratamientos que registraron el mayor aumento en la talla de pupa fue cuando se adicionaron los ingredientes de arroz (21.2%) y clara de huevo (29.3%) a la dieta. De los cuales sobresalió la clara de huevo como una mejor alternativa en el enriquecimiento larval por su bajo costo (0.05 g por lote de dieta, y el kilo de huevo cuesta 1.5 USD) y facilidad de adición a la dieta (solo agregar y mezclar). Esteban-Santiago *et al.* (2021) reportaron que los parasitoides de tamaño grande ovipositan 46 huevos y los de tamaño intermedio 39, y considerando los 500,000 parasitoides

(proporción sexual de 0.5 hembras) producidos en el CNRCB en 2020, se esperaría que los parasitoides que se producirán en las pupas de mayor tamaño tendrán una reducción adicional de 1750,000 dípteros por año.

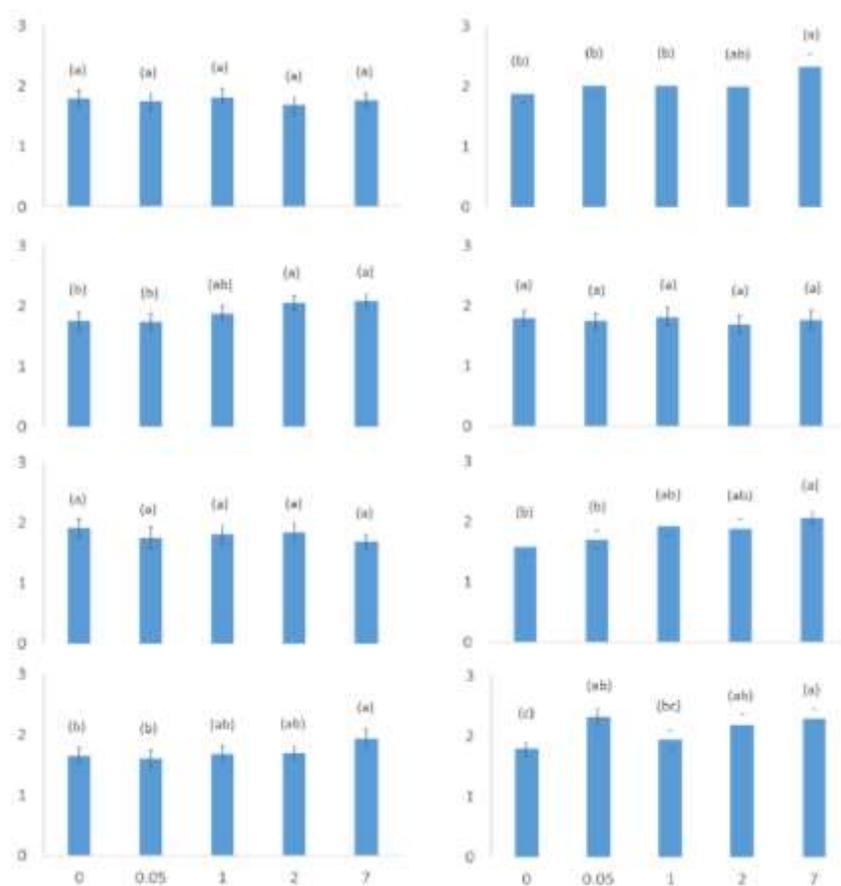


Fig. 1. Tamaño de pupas de *Drosophila melanogaster* producidas en una dieta artificial enriquecida con diferentes concentraciones (0, 0.05, 1, 2 y 7 gramos por lote) de (A) aceite de olivo, (B) aceite de coco, (C) manteca, (D) yema de huevo, (E) soya, (F) caseína, (G) arroz y (H) clara de huevo. Medias y errores estándares seguidos por una misma letra no son estadísticamente diferentes según Andeva y pruebas de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$).

En el mundo, *T. drosophilae* y su huésped *D. melanogaster* se reproducen a pequeña escala utilizando una dieta artificial que contiene ingredientes de alto costo, como lo son el agar (44.44 USD/kg) y metilparabeno (77.77 USD/kg) (Hanife, 2019). En contraste, en el CNRCB, *T. drosophilae* se reproduce bajo el enfoque de cría masiva (no se requieren instalaciones sofisticadas, la dieta artificial tiene ingredientes de bajo costo, no utiliza agar y el principal conservador es el benzoato de sodio (2.22 USD/kg); por lo que estos resultados son útiles ya que consolidan un paso más a la metodología de reproducción masiva de *T. drosophilae* en México, y con ello, se contribuirá a proteger la industria nacional de frutillas.

CONCLUSIONES

Se registró el mayor aumento en el tamaño de pupa de *D. melanogaster* (29.3%) cuando se enriqueció su dieta larval con 0.05 g de clara de huevo.

BIBLIOGRAFÍA

- Esteban-Santiago, J. M., Rodríguez-Leyva, E., Lomelí-Flores, J. R., y González-Cabrera, J. (2021). Demographic parameters of *Trichopria drosophilae* in three host species. *Entomol Exp Appl.* 169(4): 330-337.
- González-Cabrera, J., Contreras-Bermudez, Y., Sanchez-Gonzalez, J. A., Mendoza-Ceballos, M. Y., y Arredondo-Bernal, H. C. (2018). Optimization of a wheat germ diet for mass rearing *Drosophila suzukii*. *Entomol Exp Appl.* 166(11-12): 925-931.
- González-Cabrera, J., Moreno-Carrillo, G., Sánchez-González, J. A., Mendoza-Ceballos, M. Y. y Arredondo-Bernal, H. C. (2019). Single and combined release of *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) to control *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Neotrop Entomol.* 48(6): 949-956.
- Hanife, G. E. N. C. (2019). Maintaining of the spotted wing *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) wild colony on a suitable artificial diet. *COMU J Agri Fac.* 7(2): 307-312.
- Hausling, B. J., Lienenluke, J., y Stokl, J. (2021). The preference of *Trichopria drosophilae* for pupae of *Drosophila suzukii* is independent of host size. *Sci Rep-UK.* 11(1):1-10.
- Kruitwagen A., Beukeboom L. W., y Wertheim B. (2018). Optimization of native biocontrol agents, with parasitoids of the invasive pest *Drosophila suzukii* as an example. *Evol. Appl.* 11(9):1473–1497.
- Lane, S. D., Mills, N. J., y Getz, W. (2001). The effects of parasitoid fecundity and host taxon on the biological control of insect pests: The relationship between theory and data. *Ecol. Entomol.* 24(2): 181-190.
- Mendoza-Ceballos, M. Y., Contreras-Bermúdez, Y., Sánchez-González, J. A., González-Cabrera, J., y Arredondo-Bernal, H. C. (2018). Colecta de Pupas de *Drosophila suzukii*1 en Dieta de Germen de Trigo, por Lavado en Agua. *Southwest Entomol.* 43(4): 1003-1007.
- Schetelig, M. F., Lee, K. Z., Otto, S., Talmann, L., Stokl, J., Degenkolb, T., Vilcinskis, A., y Halitschke, R. (2018). Environmentally sustainable pest control options for *Drosophila suzukii*. *J. Appl. Entomol.* 142(1-2): 3-17.

BARRENADORES DEL FRUTO DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.) (FABALES, FABACEAE) Y SU PARASITOIDE EN UNA HUERTA DE COMALA, COLIMA, MÉXICO

Sarmiento-Cordero Mariza Araceli¹, Rodríguez-Vélez Beatriz¹, Rodríguez-Vélez José Manuel¹,
Barajas-Romero Mónica Isabel¹ y González-Cabrera Jaime^{1*}

¹Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, SENASICA-SADER, km 1.5 Carretera Tecomán-Estación FFCC, Col. Tepeyac, C.P. 28110, Tecomán, Colima, México.

*Autor de correspondencia: jgonz017@ucr.edu

RESUMEN

Con el objetivo de identificar las especies de barrenadores y sus posibles controladores biológicos en el fruto del tamarindo (*Tamarindus indica* L.), en una huerta ubicada en Comala, Colima, México. Se realizó una colecta directa al azar en nueve árboles de tamarindo con frutos con evidente daño (julio de 2021), donde fueron colectados cinco frutos de cada árbol. De un total de 45 muestras de frutos de tamarindo, se registraron dos especies de barrenadores, siendo la más abundante *Sitophilus linearis* (Herbst) (Coleoptera, Curculionidae) con 116 adultos, y *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera, Chrysomelidae) con 16 adultos, 15 pupas y 11 larvas; también fue registrado un parasitoide *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), con 67 adultos. Es reportado por primera vez a *Copidosoma* sp. parasitando a *C. serratus*. Actualmente, existen varias medidas recomendadas para el control de plagas en tamarindo, sin embargo, aún se desconoce a la mayoría de los enemigos naturales que pudieran considerarse como agentes de control biológico.

Palabras clave: *Picudo, Bruchinae, Encyrtidae.*

ABSTRACT

To identify the species of borers and their possible biological controllers in the fruit of the tamarind (*Tamarindus indica* L.) in an orchard located in Comala, Colima, Mexico, a direct random sampling was carried out in nine tamarind trees with fruits with evident damage (July of 2021). It collected five fruits from each tree. From a total of 45 samples of tamarind fruits, we found two species of borers, the most abundant being *Sitophilus linearis* (Herbst) (Coleoptera, Curculionidae) with 116 adults, and *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera, Chrysomelidae) with 16 adults, 15 pupae and 11 larvae. Parasitoid wasps of the genus *Copidosoma* sp. (67 individuals) parasitizing *C. serratus* were also collected. We reported this association for the first time. There are currently several recommended measures for pest control in tamarind; however, most natural enemies considered biological control agents are still unknown.

Key words: *Tamarind weevil, Bruchinae, Encyrtidae.*

Recibido: 19 sep 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

El árbol de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es nativo de África oriental, actualmente está establecido en Asia, centro y Sudamérica, ampliamente cultivado en la mayoría de las regiones tropicales y de importancia económica ya que todas las partes del árbol son utilizadas, dado que presentan importantes valores nutrimentales (carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas), y medicinales (para tratar la fiebre, dolencias intestinales, trastornos biliares, etc.) (Narina y Catanzaro, 2018). En México se distribuye en zonas tropicales y subtropicales, con clima cálido semiseco, aunque también puede prosperar en climas cálido-húmedos; incluso se puede encontrar en forma silvestre (Medina-Urrutia y Orozco-Santos, 2008). En la costa del Pacífico se encuentran los principales estados productores Jalisco, Colima, Guerrero y Michoacán (SIAP, 2019).

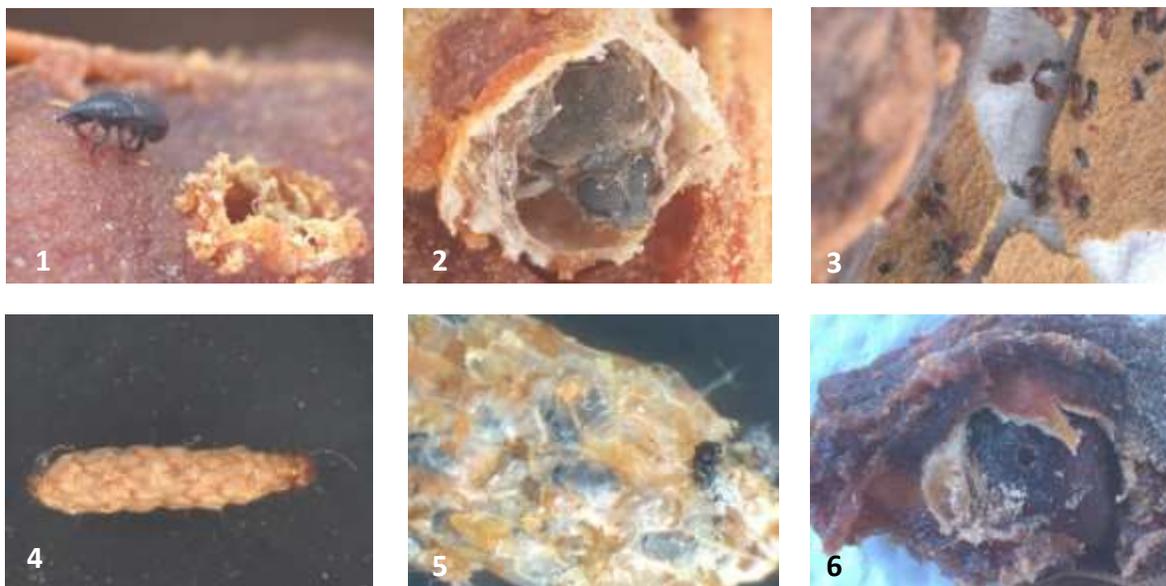
A nivel mundial, el cultivo del tamarindo es atacado por un gran número de plagas, entre las que destacan los insectos: defoliadores (Lepidoptera); escamas y otros chupadores de savia (Hemiptera); barrenadores de fruto, ramas y tronco (Coleoptera); hormigas defoliadoras (Hymenoptera); así como, diversas plagas de almacén (Lepidoptera y Coleoptera) (Orozco-Santos *et al.*, 2008; Ravindra y Vasantharaj, 2018). Causando pérdidas estimadas en un 10 a 20% del rendimiento, y durante el período de postcosecha puede ocasionar hasta del 50% de pérdidas de la fruta (Orozco-Santos *et al.*, 2008). Por ello, la importancia de conocer la abundancia de las plagas y los potenciales agentes de control biológico, que aunado con las demás prácticas de manejo, ayudan en el control de las plagas en dicho cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una colecta al azar (20 de julio de 2021), en nueve árboles de tamarindo con frutos con evidente daño, en una huerta ubicada en el municipio de Comala, Colima, México (19°19'21.88" N, 103°44'52.92" O, 630 m s.n.m.). El clima de la región es cálido subhúmedo de tipo $Aw_0(w)$, de acuerdo con la clasificación de Köppen y modificado por García (1988); con temperatura media anual de 24.9 °C, con precipitación media anual de 898.5 mm (SMN, 2021). Se colectaron cinco frutos de cada uno de los árboles seleccionados, y colocados en una bolsa Ziploc para su traslado al laboratorio. Posteriormente, los frutos fueron colocados en un congelador a -20 °C por 24 h, como medio de sacrificio de los posibles insectos que en ellos se encontraran. Cada fruto se revisó bajo el microscopio estereoscópico Discovey V.20 Carl Zeiss, los ejemplares recuperados fueron contados y colocados en cajas Petri. Para la identificación se utilizaron las claves de Gorham (1991), Johnson *et al.* (2004) y Noyes (1980). Todos los ejemplares fueron montados y etiquetados, y se encuentran depositados en la Colección de Insectos Entomófagos del Departamento de Control Biológico-CNRFC, SENASICA-SADER, en Tecomán, Colima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de 45 muestras de frutos, se registraron dos especies de barrenadores, que previamente habían sido reportadas para el estado de Colima, *Sitophilus linearis* (Herbst) (Coleoptera, Curculionidae) con 116 adultos (Fig. 1), y *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) con 16 adultos, 15 pupas y 11 larvas (Fig. 2). Y un parasitoide *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) (Fig. 3), con 67 adultos parasitando tres larvas de *C. serratus* (Figs. 4 y 5).



Figs. 1-6. 1) *Sitophilus linearis* (Herbst); 2) *Caryedon serratus* (Olivier); 3) parasitoides del género *Copidosoma* en fruto de *T. indica*; 4) larva de *C. serratus* parasitada por *Copidosoma* sp.; 5) avispas adultas de *Copidosoma* sp. emergiendo de la larva de *C. serratus*; 6) semilla de *Tamarindus indica* L. con daño de barrenador.

El picudo o gorgojo del tamarindo, *S. linearis*, fue el que presentó una mayor abundancia dentro de la muestra. Se trata de una plaga exótica, originaria de la India, de amplia distribución en países productores de tamarindo, al igual que en los estados productores de nuestro país (Orozco-Santos *et al.*, 2008), siendo su principal planta hospedera el tamarindo. Los huevecillos son depositados sobre la semilla, previa perforación del fruto, una vez que emerge la larva se alimenta de la semilla hasta completar su ciclo (Fig. 6), que en condiciones óptimas comprende entre 30 a 50 días (Orozco-Santos *et al.*, 2008; Ravindra y Vasantharaj, 2018). También se ha registrado que afecta las vainas del árbol conocido como “primavera”, *Tabebuina alba* (Cham.) Sandw. (Orozco-Santos *et al.*, 2008).

En cambio, el barrenador de la semilla, *C. serratus*, se encontró en menor cantidad, por lo que podría ser el resultado de ser considerado como la plaga más importante en postcosecha, al menos en la región del trópico seco de México (Orozco-Santos *et al.*, 2008); así mismo, fueron encontrados otros estados del barrenador como larvas y pupas. Este al igual que el picudo del tamarindo, es una plaga

exótica del viejo mundo y ampliamente distribuida en los trópicos, se alimenta principalmente de semillas en varios cultivos (Orozco-Santos *et al.*, 2008, Ravindra y Vasantharaj, 2018). Los huevecillos son depositados sobre la vaina del tamarindo, en campo o almacenado, y al eclosionar la larva penetra al interior en busca de la semilla para completar su ciclo, en condiciones óptimas comprende entre 22 a 42 días (Orozco-Santos *et al.*, 2008).

Por otro lado, el género *Copidosoma*, son parasitoides poliembriónicos de varias familias de insectos y todo su desarrollo es llevado dentro del hospedero (Figs. 4 y 5), donde han llegado a contar de 148 a 227 adultos emergiendo de una momia (Santamaría *et al.*, 2007). Por lo que, algunas especies del género han sido estudiadas en otros países como potenciales agentes de control biológico, por ejemplo, son los responsables del 15 al 22% de mortandad en la polilla del fruto de litchi, *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower), y de la nuez, *Paralipsa gularis* (Zeller) (Ravindra y Vasantharaj, 2018). Es reportado por primera vez el género como parasitoide de *C. serratus*, lo que nos permite inferir que podría ser considerado como un potencial agente de control biológico.

Finalmente, Medina-Urrutia y Orozco-Santos (2008) mencionan que las floraciones tardías provocan que las cosechas sean realizadas en los meses de mayo a junio, y como consecuencia el fruto es más propenso a ser atacado por los insectos barrenadores, limitando así la venta local y posible exportación del fruto. Para ello, han sido propuestas para su control: control cultural (remoción y destrucción de la fruta sobrante, de hierbas o malezas que sirven como reservorio), aplicación de algunos insecticidas y extractos vegetales (pre cosecha y fumigación de la fruta en almacén), la utilización de hongos entomopatógenos, así como, algunas especies de parasitoides (Orozco-Santos *et al.*, 2008; Ravindra y Vasantharaj, 2018).

CONCLUSIONES

Los dos barrenadores reportados en el presente estudio son de importancia económica en nuestro país, *S. linearis* se presentó en menor número en estado adulto, ya que ovipositan sobre los frutos en el campo previo a la cosecha y generalmente la mayor parte de su desarrollo la llevan en almacén y es cuando ejercen el mayor daño en los frutos; en cambio, *C. serratus* fue más abundante en estado adulto, debido, a que generalmente completa su ciclo en campo, es decir, la oviposición la realizan sobre el fruto verde, por lo tanto su efecto sobre los frutos se presenta en gran medida antes de la cosecha. Dentro de las medidas recomendadas para su control destaca las aplicaciones de productos químicos en campo y almacén, con los efectos negativos que ello conlleva; por un lado, la eliminación de polinizadores, enemigos naturales, etc. y por el otro, la afectación en la salud de quienes lo aplican. Por ello, la importancia de continuar con estos estudios, descubriendo o sumando a la lista enemigos naturales como *Copidosoma* sp., parasitoide de *C. serratus* presentando una amplia abundancia con respecto a las larvas momificadas, el cual podría considerarse para ser evaluado como agente de control biológico, ya que se encuentra de manera natural en la región y adaptada a las condiciones bióticas y abióticas locales.

BIBLIOGRAFÍA

- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larrios, México D.F.
- Gorham, R. J. (1991). Insect and mite pests in food: an illustrated key, Vol. 1, US Department of Agriculture, Agriculture Handbook Number 655, 767 p.
- Johnson, C. D., Southgate, B. J. y Delobel, A. (2004). A revision of the Caryedontini (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae) of Africa and The Middle East. Mem. Am. Entomol. Soc. 44: 1-120.
- Medina-Urrutia, V. M. y Orozco-Santos, M. 2008. Fenología y poda. En: El cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No 1, Tecomán, Colima, México. 107-129 p.
- Narina, S. S. S. y Catanzaro C. J. 2018. Tamarind (*Tamarindus indica* L.), an underutilized fruit with potential nutritional value for cultivation in the United States of America: A review. AFSJ, 5: 1-15.
- Noyes, J. S. 1980. A review of the genera of Neotropical Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). Bull. Br. Mus.Nat. Hist. (Ent.) 41:111-169.
- Orozco-Santos, M., Gutiérrez-Bautista, J. M., Vázquez-Jiménez, J. L. y Ortega-Arreola, R. (2008). Biología y manejo integrado de plagas. En: El cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No 1, Tecomán, Colima, México. 152-193 p. Inventum. 3: 79-92.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php (Fecha de consulta: 14-IX-2021).
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2021. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado> (Fecha de consulta: 13-IX-2021).
- Ravindra, C. J. y Vasantharaj, B. D. 2018. Nematode, mite and insect pests of tamarind: a review. Agric. dev. 35: 52-63.
- Santamaría, M. Y., Ebratt E. y Benavides, M. A. 2007. Estudios biológicos de *Copidosoma* n. sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitoide de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) en tomate de árbol, en Cundinamarca. Revista Inventum. 2(3):79-92.

RENTABILIDAD Y RENDIMIENTO DE CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.) EN FUNCIÓN DE LA NUTRICIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA

Aguilar Carpio Cid^{1*}, Cervantes Adame Yessica Flor², Sorza Aguilar Pedro Jordan² y Escalante Estrada José Alberto Salvador¹

¹Programa de Botánica. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México- Texcoco. Montecillo, Estado de México. *Autor de Correspondencia: aguilar.cid@colpos.mx

²Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Nicolás Bravo S/N, Parque Industrial Cuautla, Ayala, Morelos. CP. 62715.

RESUMEN

La calabacita es una hortaliza de gran relevancia agrícola y social en México; por su precio resulta un alimento accesible para el consumidor, por lo tanto, es indispensable implementar alternativas como el uso de productos de origen biológico, que permitan, mejorar la producción y aumentar las ganancias en el cultivo de calabacita. El objetivo es determinar el efecto de la fertilización química y biológica en la rentabilidad y rendimiento del cultivo de calabacita. El estudio se estableció en Tlayacapan, Morelos, México, se trasplantaron plántulas de calabacita italiana variedad Adelita, los tratamientos consistieron en la aplicación al suelo de *Ascophyllum nodosum* y *Glomus intraradices* solos y en mezcla con fertilizantes químicos. A madurez comercial se evaluó el rendimiento, peso, diámetro y largo del fruto. Adicionalmente, se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento. En general, se observó que la aplicación de la fertilización química al 100% promovió la mayor rendimiento y peso del fruto en el cultivo de calabacita, lo que generó una mejor rentabilidad. La fertilización con *Ascophyllum nodosum* complementó a la fertilización química, debido a que se observó una mejor respuesta en las variables evaluadas en comparación a *Glomus intraradices*.

Palabras clave: Algas marinas, fertilización, producción.

ABSTRACT

Zucchini is a vegetable of great agricultural and social relevance in Mexico, and due to its price, it is accessible food for the consumer, so it is essential to implement alternatives such as the use of products of biological origin, which allow, improve production and increase profits in the zucchini crop. The objective is to determine the chemical and biological fertilization effect on the profitability and yield of the zucchini crop. The study was established in Tlayacapan, Morelos, Mexico, where seedlings of Italian zucchini variety Adelita were transplanted, the treatments consisted of the application to the soil of *Ascophyllum nodosum* and *Glomus intraradices* alone and in a mixture with chemical fertilizers. At commercial maturity, the yield, weight, diameter, and length of the fruit were evaluated. Additionally, an

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

economic analysis was performed to determine the profitability of each treatment. In general, it was observed that the application of 100% chemical fertilization promoted the highest yield and weight of fruit in the zucchini crop, which generated better profitability. Fertilization with *Ascophyllum nodosum* complemented chemical fertilization, due to the better response in the variables evaluated compared to *Glomus intraradices*.

Key words: Seaweed, fertilization, production.

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es una hortaliza de gran relevancia agrícola y social en México, está disponible durante todo el año en las estanterías de los mercados y por su precio resulta un alimento accesible para el consumidor (Alvarado-Camarillo *et al.*, 2021). El principal uso del calabacín es el gastronómico, siendo su fruto inmaduro la parte más utilizada en la cocina mexicana, aunque su flor y sus semillas son cada día más valoradas como aderezo culinario. Sus propiedades nutricionales son además un atractivo, que la hacen indispensable dentro de una dieta equilibrada: es rica en fibra, carbohidratos y potasio (Apáez-Barrios *et al.*, 2021). En México la producción de calabaza es considerada como una opción de comercio rentable debido a la importante derrama económica que se genera por la demanda que existe tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Durante el 2020 la superficie sembrada de calabacita a nivel nacional fue de 25.8 mil hectáreas, en las que se produjeron 589,801 t. Los principales estados productores son Sonora, Sinaloa, Puebla, Hidalgo, Michoacán, Zacatecas, Jalisco y en 8vo lugar se encuentra Morelos que siembra alrededor de 1,229 ha y produce 19,297 t ha⁻¹ con un rendimiento promedio de 15.7 t ha⁻¹. (SIAP, 2021). La incorporación de fertilizante químicos en los suelos agrícolas es indispensable, debido a la deficiencia de nutrimentos minerales, su aplicación es necesaria para mejorar la productividad en cultivos como la calabacita Sin embargo, el alto costo en insumos agrícolas (fertilizantes químicos), así como el uso excesivo de estos, han causado un aumento en los costos de producción, originando una baja rentabilidad y consecuencias en el ambiente (Alvarado-Camarillo *et al.*, 2021), por lo que se ha optado en buscar alternativas, que ayuden a incrementar la producción, reducir la aplicación de fertilizantes químicos, además de generar una mejor ganancia y conservar el ambiente, como pudieran ser el uso de productos de origen orgánico e inoculantes biológicos. Como son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que aportan beneficios como la promoción del crecimiento y mayor nutrición mineral de la planta cultivada (Díaz *et al.*, 2016). Por otro lado, productos como las algas marinas están constituidas por elementos mayores y menores. Especies como *Ascophyllum nodosum* contiene macronutrientes y micronutrientes requeridos por las plantas, además de incrementar la productividad agrícola y rentabilidad de los cultivos (Carvajal y Mera, 2010). Las algas marinas y hongos micorrízicos del género *Ascophyllum nodosum* y *Glomus intraradices* han demostrado su efecto como fertilizante biológico en cultivos de interés agrícola como frijol, maíz, jitomate, pepino, espinaca entre otros, en cultivo de calabacita se han realizado investigaciones para favorecer crecimiento de biomasa y mejora la calidad de fruto, por lo que, es indispensable continuar

con investigaciones enfocadas a incrementar los rendimientos y que además estas estrategias sean con un enfoque sustentable (Aguilar *et al.*, 2017; Apáez-Barrios *et al.*, 2021; Fan *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2015; Roupheal *et al.*, 2016). Por lo anterior, el objetivo del estudio es determinar el efecto de la fertilización química y biológica en la rentabilidad y rendimiento del cultivo de calabacita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció bajo condiciones de riego en el ejido de Cacahuatlán, municipio de Tlayacapan, Morelos, México (18° 55' 8.78" latitud norte y 98° 59' 36.95" longitud oeste, a 1,300 msnm). El día 13 de enero de 2021 se sembró semilla de calabacita, variedad Adelita de la empresa Seminis® en charolas de poliestireno de 200 cavidades, que contenía sustrato comercial para germinación (BM₂, Berger®). El trasplante se realizó el 22 de enero de 2021, en el cual se colocó una planta cada 40 cm, en la parte lateral del surco en el suelo. Los tratamientos consistieron en la aplicación al suelo de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) (2 L ha⁻¹) marca Acadian Seaplants y de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus intraradices*) (2 kg ha⁻¹), marca Biofabrica Siglo XXI. Para la fertilización química se utilizó la urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio con la siguiente fórmula: 120-90-30, la cual se aplicó de forma fraccionada, todo el fósforo, potasio y la mitad del nitrógeno antes del trasplante y el resto del nitrógeno a los 30 días después del trasplante (ddt). La aplicación de las algas marinas y el hongo fue en drench, al momento del trasplante y a los 15 y 30 ddt. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el estudio.

Tratamientos	Dosis
1. Testigo	Sin aplicación
2. Fertilización química (100%)	120-90-30 NPK
3. <i>Ascophyllum nodosum</i>	2 L ha ⁻¹
4. <i>Glomus intraradices</i>	2 kg ha ⁻¹ (30000 esporas por kg)
5. Fertilización química (50%) + <i>Ascophyllum nodosum</i>	60-45-15 NPK + 2 L ha ⁻¹
6. Fertilización química (50%) + <i>Glomus intraradices</i>	60-45-15 NPK + 2 kg ha ⁻¹

Los tratamientos se colocaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La superficie de cada unidad experimental se conformó de tres surcos de 1.20 m de ancho y 4 m de largo (14.4 m²), el tamaño de parcela experimental fue de 403.2 m². La densidad de población fue de 2.5 plantas m². A madurez comercial y en los datos obtenidos de dos cosechas se evaluó el rendimiento del cultivo (t ha⁻¹), peso del fruto (PF, g), diámetro y largo del fruto (cm). A las variables en estudio, se les aplicó un análisis de varianza, con el programa estadístico de SAS Versión 9.0 y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). Adicionalmente, se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento, tomando en cuenta el costo total (CT) y el ingreso total (IT), que sirvieron de base para determinar el ingreso neto (IN) y la ganancia por peso invertido (GPI) (Bueno *et al.*, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mayor PF se logró con la aplicación del fertilizante químico al 100%, seguido de la asociación del fertilizante químico + *Ascophyllum nodosum*, esto generó un aumento significativo en el peso del fruto respecto al testigo (Cuadro 2). Esto nos indica, que las algas marinas promovieron una mayor acumulación de fotoasimilados hacia el fruto, lo que propició un incremento en el peso, finalizando con una mayor producción en el rendimiento del fruto (Ali *et al.*, 2015). Es importante mencionar, que al aplicar la fertilización química al 50% + *Glomus intraradices* no presentó diferencias en relación con la fertilización al 100% y al uso de *Ascophyllum nodosum*, esto demuestra, que *Glomus intraradices* también presenta un efecto positivo sobre PF, como lo señala Díaz *et al.* (2016). Para el diámetro y largo del fruto (Cuadro 1), no se observó diferencias entre los tratamientos aplicados, ni tampoco respecto al testigo. La aplicación de la fertilización química al 100% + *Glomus intraradices* presentó la mayor dimensión del fruto, sin embargo, estadísticamente no fue diferente a los demás tratamientos. Resultados similares fueron encontrados por Díaz *et al.* (2016) donde no se observaron diferencias en el diámetro del fruto cuando aplicaron la fertilización química + *Glomus intraradices* respecto al testigo.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización química y biológica en el peso, diámetro y largo de fruto de calabacita.

Tratamientos	Peso de fruto (g)	Diámetro de fruto (cm)	Largo de fruto (cm)
Testigo sin aplicación	28.4 d¶	2.6 a	8.1 a
Fertilización química (100%)	88.8 a	4.3 a	7.3 a
<i>Ascophyllum nodosum</i> (2 L ha ⁻¹)	47.6 bcd	3.1 a	8.2 a
<i>Glomus intraradices</i> (2 kg ha ⁻¹)	38.2 cd	2.8 a	8.9 a
Fertilización química (50%) + <i>Ascophyllum nodosum</i>	68.5 ab	3.6 a	9.6 a
Fertilización química (50%) + <i>Glomus intraradices</i>	60.9 abc	3.3 a	6.3 a
Tukey (DMS)	28	1.7	5.6
CV (%)	22	23	30

¶En columnas para cada tratamiento letras similares indican que los valores son estadísticamente iguales. CV = Coeficiente de variación.

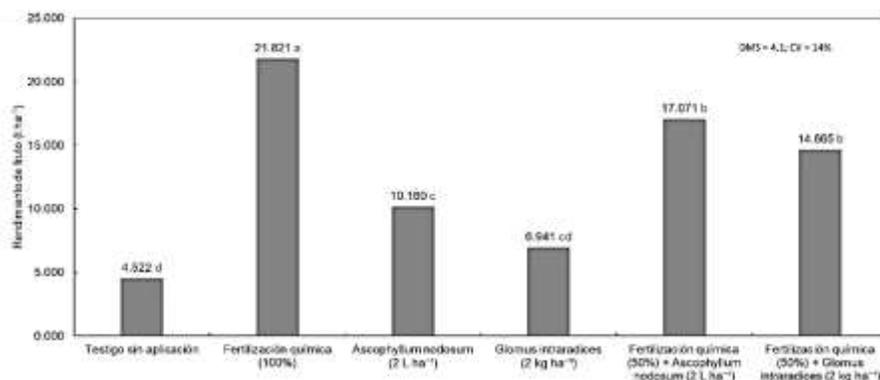


Fig 1. Efecto de la fertilización química y biológica sobre el rendimiento de calabacita.

En la Figura 1, se muestra el rendimiento del fruto en donde los valores más altos se observaron con la fertilización química (100%) (21.821 t ha⁻¹), el cual mostró diferencias respecto a los demás tratamientos. La fertilización química (50%) + *Ascophyllum nodosum* logró incrementar el rendimiento en un 16% con relación a la fertilización química (50%) + *Glomus intraradices*, a pesar de la nula diferencia significativa entre estos. Lo que confirma, que la incorporación de algas marinas al suelo impacta de forma positiva en el rendimiento del cultivo de calabacita. Tendencias similares se observaron, Ali *et al.* (2015) quienes reportaron un mayor rendimiento en cultivo de calabacita con el uso de extracto de algas marinas en comparación al testigo en el cultivo de tomate.

En cuanto a la rentabilidad, se encontró que la aplicación del fertilizante químico (100%) generó el mayor ingreso neto (Cuadro 3). A pesar, de que el costo total fue el más alto, también lo fue el ingreso total, lo que al final genera una mayor GPI, ya que, por cada peso invertido, se recuperaron \$3.68. Con la aplicación de los fertilizantes biológicos se logró reducir los costos de producción, sin embargo, también se observó una disminución en el rendimiento, por lo que no fue suficiente para aumentar la rentabilidad del cultivo. Cabe indicar, que después de la fertilización química al 100%, la fertilización química al 50% más las algas marinas, fue el que presentó la segunda más alta GPI (\$2.81). Estos resultados sugieren que el uso de fertilizantes químicos en adición con los biológicos podría ser una alternativa para lograr un mejor beneficio económico (Apáez-Barrios *et al.*, 2019).

Cuadro 3. Rendimiento (RF), ingresos totales (IT), costos totales (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en la calabacita en función de la fertilización química y biológica.

Tratamientos	RF (t ha ⁻¹)	IT (\$)	CT (\$)	IN (\$)	GPI
Testigo sin aplicación	4.522	45,220.00	38,429.00	6,791.00	0.18
Fertilización química (100%)	21.821	218,210.00	46,644.00	171,566.00	3.68
<i>Ascophyllum nodosum</i> (2 L ha ⁻¹)	10.160	101,600.00	40,939.00	60,661.00	1.48
<i>Glomus intraradices</i> (2 kg ha ⁻¹)	6.941	69,410.00	39,984.00	29,426.00	0.74
Fertilización química (50%) + <i>Ascophyllum nodosum</i>	17.071	170,710.00	44,809.00	125,901.00	2.81
Fertilización química (50%) + <i>Glomus intraradices</i>	14.665	146,650.00	44,059.00	102,591.00	2.33

IT = RG * precio por kg de calabacita (\$10.00).

CONCLUSIONES

La aplicación de la fertilización química al 100% promovió el mayor rendimiento y peso de fruto en el cultivo de calabacita, lo que generó una mejor rentabilidad. La fertilización con algas marinas complementó a la fertilización química, debido a que se observó una mejor respuesta en las variables evaluadas en comparación a *Glomus intraradices*.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Carpio, C., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Mariscal, I. y Pérez-Ramírez, A. (2017). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz VS-535 en función del biofertilizante y nitrógeno. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4(12): 475-483.
- Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A. y Jayaramn, J. (2015). The effect of *Ascophyllum nodosum* extracto on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*. 28: 1353-1362.
- Alvarado-Camarillo, D., Valdez-Aguilar, L. A., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M. y Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 7(1): 1-9.
- Apáez-Barrios, P., Lara-Chavez, M. B. N., Apáez-Barrios, M. y Raya-Montaño, Y. A. (2019). Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 23(especial): 211-221.
- Bueno, J. J. E., Alonso, L. A., Volke, H. V., Gallardo, L. F., Ojeda, R. M. M. y Mosqueda, V. R. (2005). Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un luvisol. *Terra Latinoamericana*. 23(3): 409-415.
- Carvajal, M. J. S. y Mera, B. A. C. (2010). Fertilización biológica: técnica de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción*. 5(2): 77-96.
- Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Allende, F. A. y Ortiz, C. F. E. (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación ambiental*. 31(4): 445-453.
- Fan, D., Hodges, D. M., Critchley, A. T. y Prithviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communications in Soil Science and plant analysis*. 44 (12): 1873-1884.
- Rouphael, Y., De Micco, V., Arenas, C., Raimondi, G., Colla, G. y De Pascale, S. (2016). Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. *Journal of Applied Phycology*. 29(1): 459-470.
- Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). (2021). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html (Revisado: 12 de enero de 2021)

IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE CONTAMINANTES PLÁSTICOS EN EL ÁREA DESTINADA VOLUNTARIAMENTE A LA CONSERVACIÓN “KOMCHÉN DE LOS PÁJAROS”, DZEMUL, YUCATÁN, MÉXICO

Mejenes-López Sol de Mayo A.¹, Camacho-Chab Juan C.², Mendoza-Arroyo Gustavo E.^{1*}, Cab-Paat Guadalupe de los Ángeles¹, Gasca-Santos Patricia Concepción¹ y Cob-Rivera, Katia¹

¹Instituto Tecnológico de Chiná, Laboratorio y Colección Biológica de Vertebrados Terrestres. Tecnológico Nacional de México. Calle 11 s/n entre 22 y 28, Chiná, C. P. 24520. Campeche, Campeche, México. *Autor de Correspondencia: gustavo.ma@china.tecnm.mx

²Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología DEMAB, Universidad Autónoma de Campeche Colonia Buenavista, San Francisco de Campeche 24039, Campeche, México.

RESUMEN

Los microplásticos son considerados contaminantes emergentes y sus efectos sobre los ecosistemas y diversidad biológica a escala global y local aún no son bien comprendidos, especialmente en mamíferos de tallas medianas y grandes y en el agua subterránea de áreas conservadas rodeadas por grandes centros urbanos. Estudiamos la presencia de posibles fuentes contaminantes y la diversidad de componentes químicos de los plásticos mediante la identificación de tiraderos a cielo abierto, clasificación de plásticos y recolecta de excretas al interior de un área conservada de 300 hectáreas. Registramos 14 tipos de plásticos siendo el polietileno tereftalato, polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, poliestireno y policarbonato los más comunes y pueden degradarse con facilidad hasta convertirse en microplásticos. Asimismo, se recolectaron 14 muestras de excretas pertenecientes a nueve especies de mamíferos. Debido a que el agua se obtiene a escasos metros de profundidad es posible que sea una vía directa para la infiltración de microplásticos al manto freático, por lo que surge la necesidad de continuar estudiando la dinámica del flujo de agua superficial y la presencia de microplásticos en el agua subterránea.

Palabras clave: Agua subterránea, Cenote, Excretas.

ABSTRACT

Microplastics are considered emerging pollutants and their effects on ecosystems and biological diversity on a global and local scale are still not well understood, especially in medium and large mammals and in groundwater in conserved areas surrounded by large urban centers. We study the presence of possible polluting sources and the diversity of chemical components of plastics by identifying open dumps, classifying plastics and collecting excreta within a conserved area of 300 hectares. We registered 14 types of plastics, polyethylene terephthalate, low-density polyethylene, high-density polyethylene, polystyrene and polycarbonate being the common ones and they can easily degrade into microplastics. Likewise, 14 excreta samples belonging to nine species of mammals were collected. Due to the fact that

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

the water is obtained from a few meters deep, it is possible that it is a direct way for the infiltration of microplastics to the groundwater table, which is why the need arises to continue studying the dynamics of the flow of water on the surface and the presence of microplastics in groundwater.

Key words: *Cenote, Excrete, Groundwater.*

INTRODUCCIÓN

Las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) son espacios del territorio nacional cuyos propietarios o poseedores deciden incorporar de manera voluntaria a las estrategias legales para la conservación de la diversidad biológica en el marco de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2019). Es relevante señalar, que las actividades humanas representan las amenazas a las funciones de los ecosistemas y biodiversidad (Meybeck, 2004). Uno de los principales contaminantes generado de las actividades antropogénicas es la basura plástica, la cual puede sufrir procesos de ruptura lenta en fragmentos cada vez más pequeños, debido al envejecimiento, degradación (fotodegradación y/o biodegradación) y desintegración, como resultado de la acción de agentes físicos, químicos y biológicos (Barnes *et al.* 2009; Whitacre, 2014). Por lo tanto, la contaminación plástica macroscópica conduce a la generación de partículas de menor tamaño (Barnes *et al.* 2009; Frias y Nash, 2019), siendo estos los llamados microplásticos (MP), los cuales son partículas sólidas sintéticas o de matriz polimérica, de forma regular o irregular, y con tamaños comprendidos entre 1 μm y 5 mm (Cole *et al.* 2011; Rillig, 2012).

Específicamente, el estado de conservación del ADVC “Komchén de los Pájaros”, permite el aprovisionamiento de los servicios ambientales como el agua para consumo a la fauna silvestre que habita en el sitio y sus alrededores. Esta fauna incluye, principalmente, vertebrados terrestres que a partir del 2019 se han llevado a cabo bioinventarios en su primera fase y de acuerdo a los planes de manejo establecidos para la reserva (Gálvez, 2021) se han registrado 16 especies de mamíferos medianos. Sosa-Escalante y colaboradores (2013) señalan que en la península de Yucatán, región a la que pertenece “Komchén de los Pájaros”, es necesario mitigar, detener y revertir los efectos adversos que ocasionan sobre los mamíferos terrestres y sus hábitats, actividades como la contaminación, deforestación, tala ilícita, cambio de uso de suelo y los desarrollos de infraestructura sin autorización, así como la ocupación de la zona federal marítimo-terrestre sin concesión, el comercio ilegal de vida silvestre, entre otras. Por lo anterior, ante la posible presencia de contaminantes plásticos en el ambiente del ADVC y las implicaciones que estos contaminantes pueden tener al ser ingeridos a través del agua de consumo para las especies que ahí habitan, en esta primera etapa de este trabajo de investigación se llevó a cabo la identificación y caracterización de los sitios de abastecimiento de agua para el consumo de la fauna, el registro de los mamíferos medianos y grandes basado en excretas, así como la identificación preliminar de contaminantes plásticos presentes en el sitio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Komchén de los Pájaros, se ubica al norte del estado de Yucatán, en el kilómetro 1.5 del libramiento carretero Dzemul-Xtampú localizado al sur del municipio de Dzemul (21.2250- 89.3214, 21.2274-89.3385, 21.2041-89.3397 y 21.2026-89.3214), la altitud varía entre 0 a 15 m.s.n.m. y el tipo de suelo predominante es Leptosol (INEGI, 2009), posee 300 hectáreas de selva baja subcaducifolia (Flores y Espejel, 1994). La región presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Ax(w)/Aw(x) (INEGI, 2009), la sequía puede abarcar desde noviembre a junio y sólo es ligeramente atenuada por las lluvias de los “nortes” o tormentas invernales (INEGI, 2009; **Figura 1**).



Fig. 1. Ubicación del área de estudio. Se detalla la ubicación de fuentes de abastecimiento de agua y los tiraderos de residuos sólidos.

Identificación de los sitios de abastecimiento de agua para consumo de la fauna

A través del reconocimiento de la reserva durante el año 2020 y basado en estudios (Gálvez, 2021; Mejenes-López et al. 2021) referente a bioinventarios de vertebrados terrestres en el área y la construcción de bebederos de concreto, se seleccionaron y ubicaron 18 sitios como reservorios y que proveen de agua a la fauna que transita en el lugar (**Cuadro 1**). Cada sitio fue georeferenciado con un GPS marca Garmin y en una aplicación en el teléfono móvil para obtener la ubicación lo más exacta

IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE CONTAMINANTES PLÁSTICOS ...

posible. Los datos se anotaron en el formato diseñado para el muestreo. Así mismo se obtuvieron las medidas iniciales de diámetro (cm) y profundidad (cm) de los reservorios artificiales, así como de la profundidad de la superficie de agua hacia la “boca” de los cenotes y pozos.

Cuadro 1. Sitios de toma de muestra de agua y su origen de abastecimiento.

Nombre del Sitio	Tipo origen	Diámetro (cm)	Profundidad (cm)	Profundidad final (cm)	Abastecimiento en secas
Aguada *	A	1100	200	Perdió el 90% del agua	Pozo Aguada
Bebedero de la Aguada *	A	108x30	10	-	Pozo Aguada
Pozo Aguada *	N	102	363 §	400 §	Agua Subterránea, Almacenamiento y Suministro
Cenote 1 *	N	320x108	240 §	278 §	Agua Subterránea
Cenote 2 *	N	65	107 §	152 §	Agua Subterránea
Bebedero Linda Hermosa *	A	105	14	-	Noria
Bebedero Jabín *	A	101	16	-	Noria
Rotonda Chomak *	A	386	49	-	Del Pozo Yuya
Bebedero Chomak *	A	91	16	-	Noria
Pozo Yuya *	N	100	435 §	358 §	Agua Subterránea, Almacenamiento y Suministro
Pila Casa Bonita **	A	365x105	51	-	Noria
Estanque Ranas **	A	247	87	-	Noria
Pérgola (Jardinera) **	A	259	38	-	Noria
Fuente Niño **	A	260	33	-	Noria
Rotonda Laurel **	A	144	60	-	Noria
Jardinera Biblioteca **	A	426	36	-	Noria
Pila atrás de la Noria **	A	464x130	52	-	Noria
Noria **	N	266x102	498 §	380 §	Agua Subterránea, Almacenamiento y Suministro

Representa el orden de la recolecta de las muestras, durante el primer día (*) y el segundo día (**). Tipo origen: Natural (N), Artificial (A). Profundidad a la que es tomada la muestra y que se registra en cada muestreo (§).

Entrevistas y recorridos para la caracterización, ubicación de “tiraderos” e identificación preliminar de contaminantes plásticos

Se llevaron a cabo tres encuentros de entrevistas informales (junio 2020, abril y octubre 2021) con la directora, personal quienes laboran en la reserva y habitantes del poblado de Dzemul, así como los recorridos alternos en compañía de ellos, para ubicar sitios de acumulación de residuos sólidos. Se realizaron registros fotográficos, nombres de los plásticos observados y puntos de ubicación con coordenadas geográficas. La identificación de los residuos y/o plásticos estuvo basada en la descripción de los 33 plásticos industriales establecidos por *Plastics Industry Association* (<https://www.plasticsindustry.org/>).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Excretas de mamíferos

Se han llevado a cabo nueve recorridos durante enero a septiembre de 2021 por los senderos, caminos y carreteras que limitan la reserva. Referente a los mamíferos medianos y grandes, se han recolectado 14 muestras de excretas (**Figura 2**) de nueve especies, siendo una de *Canis latrans* (coyote), *Didelphis virginiana* (tlacuache o zarigüeya), *Leopardus wiedii* (ocelote), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), *Sylvilagus floridanus* (conejo); dos de *Herpailurus yagouaroundi* (onza) y *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), *Tamandua mexicana* (oso hormiguero) y tres de *Nasua narica* (coati). Esta riqueza representa el 64% de los mamíferos registrados hasta el momento (Gálvez, 2021).



Fig. 2. A) Excretas recolectadas de a) *Tamandua mexicana*, b) *Sylvilagus floridanus*, c) *Canis latrans*, d) *Herpailurus yagouaroundi* y e) *Nasua narica*.

Ubicación de tiraderos e identificación preliminar de contaminantes plásticos

Se identificaron tres espacios en los que se acumulan y depositan residuos sólidos de manera que son considerados como tiraderos a cielo abierto (Figura 1 y 3) en los cuales y de acuerdo a la clasificación de plásticos se identificaron 14 tipos (Cuadro 2). El sitio A (21.2091°-89.3230°) con una superficie de 930 m² (31 x 30 m) contiene cerca de 100 kg de residuos, mientras que el sitio B (21.2095°-89.3214°; 21.2244°-89.3214°) con una superficie de 7000 m² (1400 x 5 m) contiene aproximadamente 1000 kg de residuos, en ellos registramos 10 y 9 tipos de plásticos, respectivamente y ambos sitios se caracterizan por que en ellos se depositan constantemente los residuos sólidos contaminantes. Finalmente, en el sitio C (21.2168°-89.3229°) con una superficie de 318 m² (compuesta por dos secciones de 33.5 x 8 m y 5 x 10 m) se registraron 7 tipos de plásticos, este último sitio es distinguible con poca cantidad y poca frecuencia; sin embargo, con presencia de plásticos que no se reportan en los otros tiraderos. Además, cabe señalar que los plásticos PET-1, HPDE-2, LDPE-4, PS-6 y PC-7 se registraron en los tres sitios. La presencia de residuos plásticos en los límites de la reserva es debido al inadecuado manejo de los residuos urbanos ya que el Servicio de Limpia traslada, en una motocicleta tipo cargo (localmente llamada “motocarro”), la basura que se genera en el poblado a un vertedero irregular a cielo abierto ubicado a 7 km al norte de la reserva. El vehículo es sobrecargado y durante el recorrido las bolsas de basura caen en los límites del área y sus contenidos son esparcidos por las escorrentías de lluvia, viento y otros factores aun no determinados. De igual forma, los entrevistados señalaron que existen personas que transitan por un camino de terracería que recorre el interior de la reserva y sirve de acceso a sus parcelas de henequén entre otros cultivos y presumiblemente durante su tránsito depositan diversos residuos en ciertos puntos convirtiéndolos en tiraderos y puntos de acumulación de residuos sólidos urbanos. En el tiradero B se representa el 92% de los residuos plásticos, mientras que en A el 78%, y con solo el 57% en C. El servicio de recolección de basura por parte departamento encargada del municipio es de lunes a viernes, provocando constantemente el depósito de bolsas plásticas de diversos colores y tamaños con contenido orgánico e inorgánico, estando este último representado por los diversos plásticos industriales.



Fig. 3. Registro de residuos contaminantes en los tres tiraderos.

Cuadro 2. Identificación preliminar de contaminantes plásticos en los “tiraderos” a cielo abierto.

Tipo de plástico	Forma comercial del plástico contaminante	Tiraderos		
		A	B	C
Polietileno tereftalato (PET-1)	Botellas de agua y refresco, Fibra textil de una maleta	2	2	1
Polietileno de alta densidad (HPDE-2)	Envases de detergente para el lavado de trastes, aseo residencial (cloro, pinol) y personal (shampoo)	2	2	1
Polietileno de baja densidad (LDPE-4)	Bolsas de super y negras de basura	2	2	1
Polipropileno (PP-5)	Rafia, manguera de bebederos, tapas de botella y lonas	1	2	1
Poliestireno (PS-6)	Bidones de cloro para transportar el agua a los bebederos, charolas de unicel	1	2	1
Cloruro de Polivinilo (PVC-3)	Tuberías, popotes, mangueras de nivel para alimentar los bebederos y cables	2	2	1
Acrilonitrilo/Butadieno/Estireno (ABS-7)	Equipaje (maleta)	1	0	0
Policarbonato (PC-7)	Envases retornables y de agua purificada	2	1	1
Nylon (poliamida-7)	Mangos de herramientas	1	2	0
Poliéster (Polibutileno Tereftalato, PBT)	Antirreflejantes de la carretera	0	1	0
Poliuretano Termoplástico (TPU)	Fracciones de defensas de autos	0	1	0
Poliuretano (PUR)	Empaques de artículos y textil de maleta	1	1	0
Elastómeros de butadieno-estireno	Fracciones de llantas	0	1	0
Elastómeros de Poliuretano	Llantas y extensible de la maleta	1	1	1

Tipo de plástico de acuerdo con el Código SPI: envases y embalajes de plástico. 0= no se encuentra, 1= menor abundancia, 2= mayor abundancia

CONCLUSIONES

El cambio climático amenaza con extremar las condiciones de aridez y desertificación en terrenos de por sí secos, agravado por la realidad de que los remanentes de selvas secas se siguen perdiendo y fragmentando a pesar de que se encuentran bajo protección, por ser uno de los ecosistemas más amenazados del país y del mundo. Komchén de los Pájaros, forma parte de esta selva baja subcaducifolia y se incluye dentro del corredor mesoamericano (desde 1997), sus tierras formaron parte

de una hacienda henequenera, pero desde hace 30 años ha estado bajo la protección de su antigua propietaria, por lo cual hoy muestra visibles signos de recuperación. Si bien esta ADVC, no ocupa gran extensión, el hecho de encontrarse rodeada de terrenos antrópicos y enclavada en medio de planes de desarrollo urbanístico y hoteleros, sugiere que a mediano y largo plazo se podría convertir en un refugio aislado para la biodiversidad y su influencia en las comunidades que le rodean, revestirá de mayor importancia en la preparación de los pobladores locales para su resiliencia al cambio climático. A su vez, debido a que el agua se obtiene a escasos metros de profundidad es posible que sea una vía directa para la infiltración de microplásticos al manto freático, por lo que surge la necesidad de continuar estudiando la dinámica del flujo de agua superficialmente y la presencia de microplásticos en el agua subterránea.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a D. Chí Aké, L. C. Góngora Julián y H.A. Rodríguez Romero por el apoyo durante el trabajo de campo. Al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el financiamiento otorgado al proyecto “Contaminantes emergentes (microplásticos) en reservorios de agua y en excretas de fauna presentes un área natural destinada voluntariamente a la conservación”, Clave 10962.21-P (7hwp15). Se agradecen las facilidades dadas por la Dirección del ÁDVC Komchén y a los revisores anónimos por sus valiosos comentarios al manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Zeferino, J. C., Cruz-Salas, A. A., Vázquez-Morillas, A., and Ojeda-Benitez, S. (2020). Method for quantifying and characterization of microplastics in sand beaches. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36 (1), 151-164
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Conabio, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México, 212 pp.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., and Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 364, 1985– 1998.
- CONANP, 2019. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación: participación social por el ambiente. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.gob.mx/conanp/articulos/areas-destinadas-voluntariamente-a-la-conservacion-participacion-social-por-el-ambiente-193042>
- De Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., and Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global change biology*, 24(4), 1405-1416.

- Dubovik, O., Holben, B., Eck, T. F., Smirnov, A., Kaufman, Y. J., King, M. D., Tanre, D., and Slutsker I. (2002), Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations, *J. Atmos. Sci.*, 59(3), 590– 608.
- Flores J.S. y Espejel I. (1994). Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. In: Flores JS, ed. *Etnoflora Yucatanense*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Frias, J. P. G. L., and Nash, R. (2019). Microplastics: finding a consensus on the definition. *Marine pollution bulletin*, 138, 145-147.
- Gálvez, A. X. 2021. Informe técnico y financiero del periodo 2020, del área natural destinada voluntariamente a la conservación “Komchén de los Pájaros”, Yucatán. *Caribbean Conservation Coastal*, A. C. Inédito.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Dzemul, Yucatán Clave geoestadística 31026. Aguascalientes, Ags. México.
- Matthew C., Lindeque P., Halsband, C., and Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62(12):2588–2597.
- Mejenes-López, S. M.A., Gálvez-Aguilera, X., Escalona-Segura, G., Vargas-Contreras, J. A., Retana-Guiascón, O. G., and Cab-Paat, G. (2021). First record of the coexistence of two mesocarnivores in the Yucatán Peninsula, México. *Therya Notes*, 2, 79-84.
- Meybeck, M. (2004). The global change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities. *Water Science and Technology*, 49(7), 73-83.
- Nuelle, M.T., Dekiff, J. H., Remy, D., and Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution* 184, 161-169. *Plastics Industry Association* <https://www.plasticsindustry.org/>.
- Rillig, M. C. 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environmental Science & Technology*, 46(12):6453–6454.
- Sarria-Villa, R. A. y Gallo-Corredor, J. A. La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Jou. Cie. Ing.* 8(1): 21-27, 2016. ISSN 2145-2628.
- Saxton, K. E., and Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1569–1578
- Sosa-Escalante, J. E., Pech-Canché, J. M., MacSwiney, M. C., y Hernández-Betancourt, S. (2013). Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 949-969.
- Whitacre, D. M. (2014). *Reviews of environmental contamination and toxicology*, vol. 227. New York, NY: Springer.

CONSERVACIÓN POSCOSECHA DE GUAYABA EMPLEANDO UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE QUITOSANO-GELATINA

Castelo-García Adriana Guadalupe¹, Velázquez Gonzalo.¹, Soriano-Melgar Lluvia de Abril Alexandra.²⁻
³, Jiménez-Regalado Enrique Javier² y Aguirre-Loredo Rocío Yaneli^{2-3*}

¹Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Querétaro, Cerro Blanco 141, Colinas del Cimatario, 76090 Querétaro, Qro, México.

²Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Blvd. Enrique Reyna Herмосillo 140, Saltillo, Coahuila 25294, México.

³CONACYT-CIQA, Blvd. Enrique Reyna Herмосillo 140, Saltillo, Coahuila 25294, México.

*Autor de Correspondencia: yaneli.aguirre@ciqa.edu.mx

RESUMEN

La pérdida de los productos poscosecha puede superar el 50 % de la producción, generando una alta pérdida de recursos económicos y de alimentos. Además, con el crecimiento poblacional se requiere de seguridad alimentaria mediante la producción y conservación de éstos. Por ello, se siguen generando tratamientos que permitan conservar las características de calidad y organolépticas de los productos alimenticios por más tiempo. Los tratamientos poscosecha más utilizados son los recubrimientos, ya que disminuyen la respiración y pérdida de agua, aportan brillo y propiedades funcionales. En particular, el quitosano es muy utilizado debido a sus propiedades antimicrobianas y a que permite formar películas, siendo un subproducto de desecho con valor agregado del sector pesquero, al igual que la gelatina de pescado. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de recubrimientos comestibles formulados a partir de quitosano y gelatina de pescado como tratamientos poscosecha de guayabas almacenadas a diferentes temperaturas (10 y 23 °C), evaluando parámetros físicos y de calidad. Los resultados mostraron que la aplicación de estos recubrimientos conserva las características de calidad de los frutos de guayaba el doble de tiempo en comparación con los frutos no recubiertos, disminuyendo la pérdida de peso de los frutos.

Palabras clave: *Polímeros naturales, vida útil, frutos en fresco*

ABSTRACT

The loss of postharvest products can exceed 50 % of production, generating a high loss of economic resources and food. In addition, with population growth, food security is required through the production and conservation of those. For this reason, treatments continue to be generated that allow preserving the quality and organoleptic characteristics of the food products for a longer time. The most used postharvest treatments are coatings since they reduce respiration and water loss, provide shine and functional properties. In particular, chitosan is widely used due to its antimicrobial properties and its ability to form films. It is a waste by-product with added value from the fishing sector, just like fish gelatin.

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 25 nov 2021

The objective of the present study was to evaluate the effect of the edible coating formulated from chitosan and fish gelatin applied as postharvest treatments for guavas stored at different temperatures (10 and 23 °C), assess physical and quality parameters. Results show that the application of these coatings preserves the quality characteristics of guava fruits for twice longer than uncoated fruits, reducing fruit weight loss.

Key words: *Natural polymers, shelf life, fresh fruits*

INTRODUCCIÓN

La pérdida y desperdicio de alimentos es un problema importante que afecta al campo y a la sociedad en general a nivel mundial. Es por esto que la Organización de las Naciones Unidas en su Objetivo 12 de la agenda de Desarrollo Sostenible tiene como meta la producción y consumo responsable, por medio de la disminución de la pérdida y desperdicio de los alimentos, promoviendo una producción poscosecha sostenible, comercialización eficiente y consumo responsable en el hogar (ONU, 2015). En los países en desarrollo, más del 40 % de la pérdida y desperdicio alimentario se produce en las etapas de poscosecha y procesamiento (FAO, 2012). En México, el sector agrícola no está exento de esta problemática, actualmente experimenta variaciones importantes en la producción agrícola debido a problemas que se presentan en la etapa poscosecha, desencadenando pérdidas económicas importantes. La respiración del producto, temperatura, humedad, luz, aire y presencia de microorganismos son algunos de los factores que determinan el tiempo de vida de los productos agrícolas.

La guayaba (*Psidium guajava* L.) de la familia Myrtaceae es un fruto climatérico tropical, de forma redonda, con cáscara de color amarillo suave, carne dulce de color crema y con elevado contenido de vitamina C (González et al., 2017). Se consume principalmente como fruto fresco; sin embargo, presenta una elevada velocidad de respiración y rápida maduración (González et al., 2017), lo que conlleva a un corto periodo poscosecha, además es susceptible a sufrir daños por frío lo que limita su distribución. El fruto de guayaba puede ser almacenado para su consumo como producto fresco por un periodo de diez días cuando se ha mantenido a temperatura ambiente y por un tiempo máximo de quince días en condiciones de refrigeración (Hong et al., 2012; Mogollón et al., 2010). En 2019, la producción de guayaba en México fue de 308 mil toneladas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2020), por lo que es importante buscar una alternativa para aumentar el tiempo de vida poscosecha de este fruto.

En los últimos años, se han desarrollado diversos recubrimientos a base de polímeros biodegradables para su uso en la conservación de frutos y vegetales como manzana, fresa, pera, tomate, aguacate y pimiento (Iñiguez-Moreno et al., 2021; Kumar & Saini, 2021; Kumar et al., 2021; Liu et al., 2021; Sinha et al., 2021; Solís-Contreras et al., 2021). La aplicación de la tecnología de películas y recubrimientos biodegradables ha demostrado que puede ayudar a prolongar la vida útil de los alimentos, esto al

mantener una atmósfera controlada, protegiendo al producto contra daños mecánicos y deterioro por microorganismos. Dentro de los materiales empleados para la elaboración de los recubrimientos para productos hortofrutícolas se encuentran el quitosano y la gelatina de pescado, ambos materiales tienen la particularidad de que son extraídos a partir de material de desecho generado por la industria pesquera. El quitosano es un polímero natural que se obtiene a partir del exoesqueleto de crustáceos (Aguirre-Loredo et al., 2017), con alto potencial para uso en la industria alimentaria por su actividad antimicrobiana y antioxidante. La gelatina es una proteína derivada de la hidrólisis parcial del colágeno. Estudios recientes han encontrado que las propiedades fisicoquímicas de las películas y recubrimientos de gelatina pueden mejorarse al combinarse con otros biopolímeros como almidón o quitosano (Alvarado et al., 2015; Hosseini et al., 2013; Wang et al., 2021). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un recubrimiento biodegradable comestible elaborado a base de quitosano y gelatina de pescado sobre la conservación poscosecha de guayabas frescas almacenadas a temperaturas de 10 y 23 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Se empleó quitosano de mediano peso molecular con 75-80 % de desacetilación, gelatina de pescado y glicerol como agente plastificante, obtenidos de Sigma-Aldrich (E.U.A).

Preparación de la solución formadora de recubrimiento. Se preparó una solución de quitosano al 1 % (p/v) en ácido acético al 2 % (v/v). La gelatina de pescado (6 % p/v) se disolvió en agua destilada y a la cual se le adicionó 0.6 % (v/v) de glicerol. Ambas soluciones fueron disueltas a 70 °C y 125 rpm durante 2 h. La solución compuesta de quitosano-gelatina (CH-G) se preparó a una proporción 75:25 (v/v) y se mezcló durante 1 h a 25 °C. Se empleó dicha proporción de polímeros, ya que fue la que previamente produjo películas con buen desempeño mecánico y de barrera (Alvarado et al., 2015).

Aplicación del recubrimiento en guayabas. Previo a la aplicación del recubrimiento, los frutos de guayaba fueron sumergidos en una solución acuosa de microbicida comercial (BacDyn Plus) a una concentración de 0.5 mL/L durante 10 minutos. Posteriormente, fueron secados a temperatura ambiente (25 °C). Para la aplicación de la solución polimérica de CH-G sobre la superficie de las guayabas se utilizó el método de recubrimiento con brocha. Se empleó un grupo de frutos sin recubrimiento como testigo (control) para cada temperatura de almacenamiento.

Almacenamiento de los frutos. Los frutos de guayaba fueron almacenados en dos temperaturas: refrigeración a 10 °C y condiciones ambientales de 23 °C. A las distintas condiciones de almacenamiento se les denominó: A (recubrimiento, 23 °C), B (control, 23 °C), C (recubrimiento, 10 °C) y D (control, 10 °C). Los frutos fueron caracterizados a los 0, 5, 10, 15, 20 y 25 días de almacenamiento. Se evaluó la pérdida de peso y la apariencia física de los frutos.

Pérdida de peso. El peso de las guayabas de las cuatro condiciones de almacenamiento fue tomado cada 24 h. La pérdida de peso total se determinó como la diferencia entre el peso inicial y final de cada fruto expresado en gramos.

Análisis de apariencia. La apariencia física de las guayabas con y sin el recubrimiento CH-G se evaluó visualmente por medio del aspecto superficial del fruto, olor y desarrollo de podredumbres.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de peso

La frescura y la vida útil de frutos y vegetales se ven afectadas por la pérdida de humedad a medida que ésta migra en forma de vapor de agua por difusión a través de la epidermis del fruto al medio ambiente circundante. Los resultados indicaron que tanto las guayabas control como las recubiertas presentaron mayor pérdida de peso conforme el período de almacenamiento progresaba (Fig. 1). Se observó una reducción importante en la respiración (de manera indirecta) por efecto del recubrimiento, con respecto al control desde el quinto día de almacenamiento (Fig. 1); resultados similares se han reportado con recubrimientos a base de biopolímeros en frutos y vegetales durante refrigeración (Cid-López et al., 2021; Iñiguez-Moreno et al., 2021; Trejo-Márquez et al., 2007). Cuando un recubrimiento se aplica sobre la superficie de un alimento, este actúa como una barrera a la difusión de gases como vapor de agua, O₂ y CO₂ (Bourlieu et al., 2009; Vázquez-Briones & Guerrero-Beltrán, 2013), impidiendo la migración de humedad al ambiente. Los resultados obtenidos de la pérdida de peso de las guayabas en los 4 tratamientos se muestran en la Fig. 1. Las guayabas de los tratamientos a temperatura de 23 °C (A y B) tuvieron un tiempo de vida de anaquel de 13 días, mientras que las almacenadas en refrigeración a 10 °C se mantuvieron en óptimas condiciones durante 25 días. Los frutos mantenidos en refrigeración (C y D) presentaron una menor pérdida de peso que los almacenados a 23 °C, esto debido a una menor actividad metabólica y a que la velocidad de difusión del vapor de agua presente en los frutos es menor a bajas temperaturas, lo que se traduce como una deshidratación es más lenta (Gull et al., 2021).

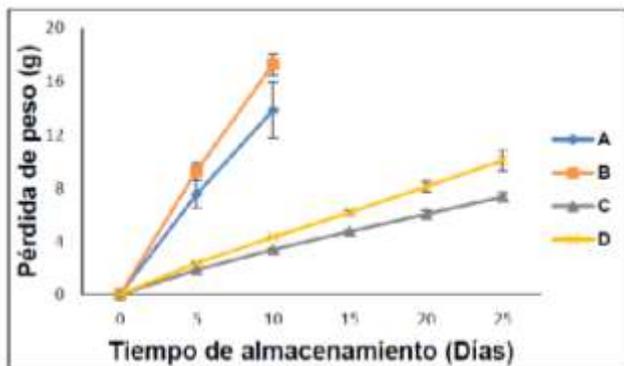


Fig. 1. Pérdida de peso de guayabas con y sin recubrimiento. A: frutos recubiertos mantenidos a 23 °C; B: frutos sin recubrir a 23 °C; C: frutos recubiertos a 10 °C y D: frutos sin recubrir a 10 °C. Valores promedio \pm desviación estándar, n=3.

Análisis de apariencia

El proceso de maduración de productos hortofrutícolas conlleva una serie de cambios fisicoquímicos que suceden posterior a la cosecha, los cuales determinan la calidad del producto e influyen en la decisión de compra del consumidor. La apariencia es uno de los factores de calidad decisivo para la aceptación de un producto. Las guayabas con recubrimiento (tratamientos A y C) mantuvieron una mejor apariencia comparada con las muestras sin recubrir (tratamientos B y D), debido a que el recubrimiento proporciona un brillo visualmente agradable a los frutos. En la Fig. 2 se muestran los frutos con y sin tratamiento de recubrimiento comestible almacenados a 10 y 23 °C. Los recubrimientos comestibles crean una atmósfera modificada en el interior de las frutas, reduciendo la velocidad de transpiración y retrasando el proceso de senescencia. El recubrimiento comestible, a pesar de ser muy delgado, crea una barrera semipermeable a los gases, afectando la respiración y actividad metabólica, lo que retrasa el deterioro de las guayabas (Vázquez-Briones & Guerrero-Beltrán, 2013) y, por lo tanto, disminuyendo la velocidad de cambio de coloración de los frutos de verde a amarillo. El color de los productos hortofrutícolas usualmente es el principal criterio para determinar el estado de madurez de la fruta (Mikulić-Petkovek et al., 2015). Los frutos tratados con A y C mantuvieron sus características de color, olor, textura y firmeza en comparación con los frutos sin recubrimiento; lo que los hace más propicios a ser aceptados en el mercado, ampliando el tiempo que pueden durar en el proceso de comercialización o de consumo en el hogar. Los frutos tratados con recubrimiento CH-G almacenados en refrigeración mantuvieron una apariencia y textura aceptable durante un periodo de 30 días, significativamente superior al tiempo de vida de anaquel reportado para esta fruta, la cual se ha estimado de 15 días en refrigeración (Hong et al., 2012; Mogollón et al., 2010).

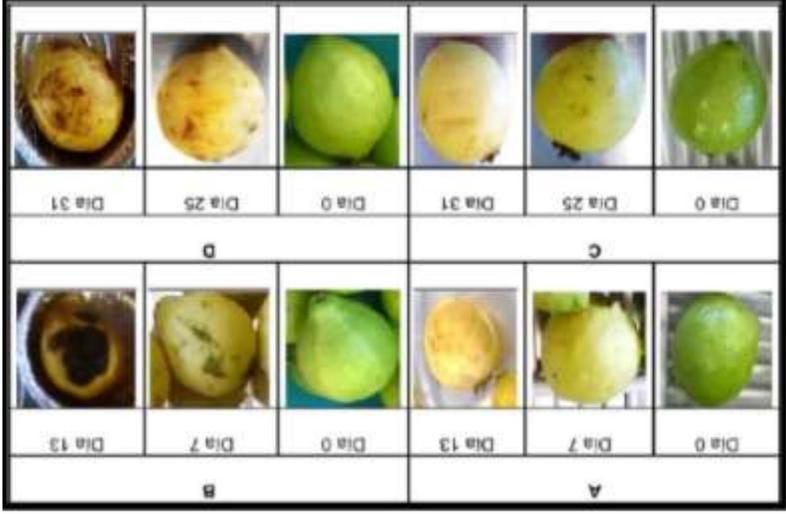


Fig. 2. Apariencia física de las guayabas. A: recubiertas con CH-G a 23 °C; B: sin recubrimiento 23 °C; C: recubiertas con CH-G a 10 °C y D: sin recubrimiento a 10°C.

CONCLUSIONES

Tanto el quitosano como la gelatina de pescado utilizados para la elaboración del recubrimiento empleado en la presente investigación provienen de desechos de la industria pesquera, lo cual da un valor agregado a estos subproductos, ya que además de ser una alternativa sustentable para el reemplazo de empaques sintéticos, su extracción a partir de fuentes consideradas como desecho, contribuiría a reducir la contaminación que estos desechos generan al medio ambiente.

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que la aplicación de la tecnología de recubrimientos comestibles es una alternativa viable para la conservación de productos hortofrutícolas. Las guayabas recubiertas y mantenidas en refrigeración conservaron sus parámetros de calidad el doble del tiempo promedio de vida útil en fresco reportado en la literatura, el cual se estima es de máximo 15 días. La aplicación de esta tecnología de empaque y conservación de alimentos, es una alternativa de seguridad alimentaria que ayudará a extender la conservación de frutos, permitiendo incrementar el tiempo de almacenamiento lo cual se verá reflejado en un mayor margen de tiempo de distribución, mayor rendimiento y, por consiguiente, mayor beneficio económico para el campo mexicano y en toda la cadena de comercialización.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras Soriano-Melgar y Aguirre-Loredo agradecen al CONACYT por sus nominaciones como Investigadoras por México comisionadas al CIQA.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Loredo, R. Y., Rodríguez-Hernández, A. I., & Velázquez, G. (2017). Modelling the effect of temperature on the water sorption isotherms of chitosan films. *Food Science and Technology*, 37, 112-118. <https://doi.org/10.3390/foods10030597>
- Alvarado, S., Sandoval, G., Palos, I., Tellez, S., Aguirre-Loredo, Y., & Velázquez, G. (2015). The effect of relative humidity on tensile strength and water vapor permeability in chitosan, fish gelatin and transglutaminase edible films. *Food Science and Technology*, 35, 690-695. <https://doi.org/10.3390/foods10030597>
- Bourlieu, C., Guillard, V., Vallès-Pamiès, B., Guilbert, S., & Gontard, N. (2009). Edible moisture barriers: how to assess of their potential and limits in food products shelf-life extension? *Crit Rev Food Sci Nutr*, 49(5), 474-499. <https://doi.org/10.1080/10408390802145724>
- Cid-López, M. L., Soriano-Melgar, L. d. A. A., García-González, A., Cortéz-Mazatán, G., Mendoza-Mendoza, E., Rivera-Cabrera, F., & Peralta-Rodríguez, R. D. (2021). The benefits of adding calcium oxide nanoparticles to biocompatible polymeric coatings during cucumber fruits postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 287, 110285. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110285>
- FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención.

- González, R. E., Cervantes, Y. C., & Caraballo, L. d. C. (2017). Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario.
- Gull, A., Bhat, N., Wani, S. M., Masoodi, F. A., Amin, T., & Ganai, S. A. (2021). Shelf life extension of apricot fruit by application of nanochitosan emulsion coatings containing pomegranate peel extract. *Food Chemistry*, 349, 129149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129149>
- Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 144, 172-178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002>
- Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F. F. (2013). Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. *Food Chemistry*, 136(3), 1490-1495. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.081>
- Iñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., Barros-Castillo, J. C., Solís-Pacheco, J. R., & Calderón-Santoyo, M. (2021). Characterization of sodium alginate coatings with *Meyerozyma caribbica* and impact on quality properties of avocado fruit. *LWT*, 152, 112346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112346>
- Kumar, A., & Saini, C. S. (2021). Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes. *Measurement: Food*, 2, 100005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2021.100005>
- Kumar, N., Pratibha, Neeraj, Ojha, A., Upadhyay, A., Singh, R., & Kumar, S. (2021). Effect of active chitosan-pullulan composite edible coating enrich with pomegranate peel extract on the storage quality of green bell pepper. *LWT*, 138, 110435. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110435>
- Liu, C., Jin, T., Liu, W., Hao, W., Yan, L., & Zheng, L. (2021). Effects of hydroxyethyl cellulose and sodium alginate edible coating containing asparagus waste extract on postharvest quality of strawberry fruit. *LWT*, 148, 111770. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111770>
- Mikulic-Petkovsek, M., Rescic, J., Schmitzer, V., Stampar, F., Slatnar, A., Koron, D., & Veberic, R. (2015). Changes in fruit quality parameters of four *Ribes* species during ripening. *Food Chemistry*, 173, 363-374. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.011>
- Mogollón, C. G., Regno, K. I. C., & Sarria, S. D. (2010). Evaluación poscosecha y estimación de vida útil de guayaba fresca utilizando el modelo de Weibull. *Acta Agronómica*, 59(3), 347-355.
- ONU. (2015). Resolución A/RES/70/1 Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Retrieved 20 de Noviembre de 2021 from <https://undocs.org/es/A/RES/70/1>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (2020). Panorama Agroalimentario 2020. Benjamín Franklin 146, Colonia Escandón, Delegación Miguel Hidalgo, C.P. 11800, Ciudad de México Retrieved from <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>

- Sinha, A., Gill, P. P. S., Jawandha, S. K., Kaur, P., & Grewal, S. K. (2021). Chitosan-enriched salicylic acid coatings preserves antioxidant properties and alleviates internal browning of pear fruit under cold storage and supermarket conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 182, 111721. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111721>
- Solís-Contreras, G. A., Rodríguez-Guillermo, M. C., Reyes-Vega, M. d. I. L., Aguilar, C. N., Reboloso-Padilla, O. N., Corona-Flores, J., Soriano-Melgar, L. d. A. A., & Ruelas-Chacon, X. (2021). Extending Shelf-Life and Quality of Minimally Processed Golden Delicious Apples with Three Bioactive Coatings Combined with Cinnamon Essential Oil. *Foods*, 10(3), 597. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods10030597>
- Trejo-Márquez, A., Ramos-López, K., & Pérez-Guillén, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. Cartagena, España: Grupo Postrecolección y Refrigeración UPCT, 978-984.
- Vázquez-Briones, M., & Guerrero-Beltrán, J. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 7(2), 5-14.
- Wang, H., Ding, F., Ma, L., & Zhang, Y. (2021). Edible films from chitosan-gelatin: Physical properties and food packaging application. *Food Bioscience*, 40, 100871. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100871>

APLICACIÓN DE COMPUTADORA PARA ESTIMAR EL PORCENTAJE DE ÁREA FOLIAR CON IMÁGENES DIGITALES

Landero Valenzuela Nadia¹, Lara Viveros Francisco Marcelo¹ y Aguado Rodríguez Graciano Javier^{2*}

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, CP 25294

²Investigador de Cátedras-CONACYT comisionado a la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería en Agrotecnología, Tepatepec, Hidalgo, C.P. 42660.

*Autor de Correspondencia: jaguadoro@conacyt.mx

RESUMEN

En algunos estudios se tienen que procesar grandes cantidades de imágenes. Por ello se desarrolló en este estudio una aplicación capaz de contar los píxeles verdes que hay en una imagen y determinar el porcentaje de área foliar (%AF). La aplicación es capaz de analizar todas las imágenes del directorio de una computadora y tiene la opción de estimar el %AF utilizando todos los píxeles o realizar un muestreo de píxeles. Se analizaron 243 imágenes en 1 hora 45 minutos y 49 segundos cuando el análisis fue de todos los píxeles de cada imagen, sin embargo, tardó 37 segundos analizando una muestra de píxeles de cada imagen. Se compararon los %AF obtenidos con el programa contra los obtenidos con el programa ImageJ® y se encontró una correlación de 0.993 y una pendiente de 1.0056. Se encontró un coeficiente de correlación de 0.999 entre el %AF obtenido al analizar la mínima cantidad de píxeles y el %AF obtenido analizando todos los píxeles. Adicionalmente, los valores de %AF obtenidos con una resolución de 16MP serán diferentes en un máximo de 3% con respecto a los valores de %AF obtenidos con resolución de 1MP.

Palabras clave: *cobertura vegetal, tamaño de muestra, espacio de color.*

ABSTRACT

In research, large amounts of images have to be processed. For this reason, an application capable of counting green pixels in an image and determining the percentage of leaf area (%AF) was developed in this study. The application is capable of analyzing all images in a computer directory and has the option of estimating the %AF using all pixels or sampling pixels. 243 images were analyzed in 1 hour 45 minutes and 49 seconds when the analysis was of all the pixels of each image, however, it took 37 seconds to analyze a sample of pixels from each image. The %AF obtained with the program were compared against those obtained with the ImageJ® program and a correlation of 0.993 and a slope of 1.0056 were found. A correlation coefficient of 0.999 was found between the %AF obtained by analyzing the minimum number of pixels and the %AF obtained by analyzing all the pixels. Additionally, %AF values obtained with 16MP resolution will differ up to 3% from %AF values obtained with 1MP resolution.

Key words: *vegetation cover, sample size, color space.*

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 19 nov 2021

INTRODUCCIÓN

En algunos estudios, se ha trabajado con índices de vegetación (Lévesque & King, 2003; Li *et al.*, 2010; Brizuela-Amador *et al.*, 2007), procesando imágenes en paquetes de cómputo como Adobe Photoshop Elements 2.0 © (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA; Chen *et al.*, 2015) e ImageJ® (Ishihara y Hiura, 2011; Royer *et al.*, 2010; Ali *et al.*, 2016; Abràmoff *et al.*, 2004; Tripler *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2009). En ImageJ se pueden desarrollar macros con códigos de programa para el análisis de imágenes digitales (Tadić *et al.*, 2014). El programa ImageJ está disponible gratuitamente al público (Collins, 2007). Sin embargo, ImageJ y Photoshop requieren de interacción manual por el usuario, haciendo una labor intensiva cuando hay muchas hojas (Katabuchi, 2015) y, la capacidad de adquirir con precisión y rapidez el índice de área foliar (IAF) es un componente indispensable de la investigación ecológica basada en los procesos, no obstante, IAF es difícil de adquirir directamente para grandes extensiones espaciales debido al tiempo que consume y trabajo intensivo (Zheng & Moskal, 2009). Por ello, investigadores han elaborado rutinas de programa para determinar IAF (Randolph *et al.*, 2010; Jia *et al.*, 2014). Por lo anterior, en esta investigación se pretende desarrollar una aplicación y metodología adecuada para determinar de manera automática el porcentaje de área foliar (%AF) de todas las imágenes que estén en un directorio de una computadora, para hacer más eficiente la estimación de %AF, evitando la interacción manual por el investigador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Imágenes. Se obtuvieron imágenes de cultivos de col, brócoli, haba, cilantro, rábano, cebolla, maíz y tres variedades de lechuga en diferentes fechas de siembra. Fueron sembrados esos cultivos debido a que algunos presentaban tonos claros de color verde en las hojas y otros presentaron tonos oscuros de color verde en las hojas. Además, se sembraron en diferentes fechas para que un mismo cultivo presenta diferente tamaño y porcentaje de área foliar (%AF).

Desarrollo de la aplicación. Se utilizó una computadora con procesador de 3GHz, 8GB de memoria RAM, sistema operativo de 64 Bits y con Windows 8 ®. En la computadora se instaló el paquete de cómputo Visual Studio 2010 ®. Para tomar las fotografías se utilizó una cámara Samsung® WB350F y se tomaron a resolución de 1024 x 768 (1MP), 1920x1080 (2MP), 1984 x 1488 (3MP), 2592x1944 (5MP), 2832 x 2832 (8MP), 3648x2736 (10MP), 4608x2592 (12MP), 4608 x 3072 (15MP) y 4608 x 3456 (16MP). Por ello el software se desarrolló para procesar imágenes en formato de imagen *.jpg ó *.png.

Espacio de color verde. En el modelo de color utilizado en este estudio fue el RGB, acrónimo de Red (rojo) Green (verde) Blue (azul). La intensidad de cada color en el modelo de color RGB se mide en una escala de 0 a 255. En el plano G y B (Figura 1. Izquierda), cuando R vale 0, los colores verdes están a la derecha de la línea que se forma entre los puntos (0, 0) y (255, 255), sin embargo, en el mismo plano, cuando R vale 150, la zona de pixeles de color verde disminuye de tamaño y está a la derecha de la línea que se forma entre los puntos (91, 0) y (255, 255). Se determinaron de la misma manera las zonas de pixeles de color verde para los valores 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 y 255 de R.

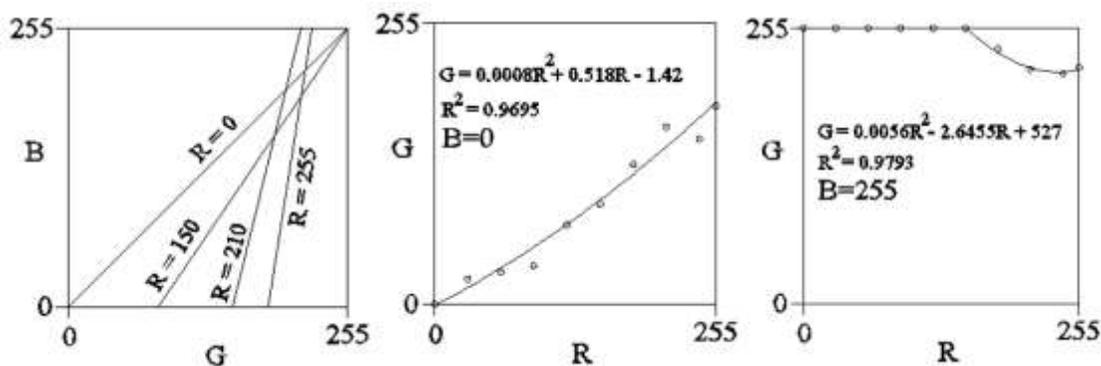


Fig. 1. Zona de píxeles de color verde a la derecha de cada línea para diferentes valores de R (izquierda), vista del plano RG cuando el valor de B es igual a cero (centro) y, vista del plano RG cuando el valor de B es igual a 255 (derecha).

Se observa que la línea que divide a la zona de píxeles verdes de la zona de píxeles no verdes, si R es igual a 0, pasa por el plano RG en el punto (0, 0) cuando B es igual a 0 (Figura 1. Centro); si R es igual a 150 la línea divisoria pasa por el plano RG en el punto (150, 91), cuando B es igual a 0. Se graficó el plano RG con los puntos antes mencionados para los valores 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 y 255 de R y B igual a 0 (Figura 1. Centro). A los puntos se les realizó una regresión polinomial de orden 2 y se obtuvo que $G = 0.0008R^2 + 0.518R - 1.42$. Con esta regresión se puede conocer el punto por el que pasa la línea divisoria en el plano RG para cualquier valor de R cuando el valor de B es igual a 0. Se realizó el mismo procedimiento para encontrar el punto en donde pasa la línea que divide la zona de píxeles verdes de la zona de píxeles no verdes cuando el valor de B es igual a 255. La regresión se realizó con los puntos correspondientes a los valores 150, 180, 210, 240 y 255 de R y se obtuvo que $G = 0.0056R^2 - 2.6455R + 527$. Con ésta ecuación se puede conocer el punto por el que pasa la línea divisoria en el plano RG para valores mayores que 150 de R, cuando el valor de B es igual a 255. Para los valores menores o iguales a 150 de R, la línea divisoria pasa por el plano RG en el valor de G de 255 (Figura 1C). Con las ecuaciones anteriores se puede obtener el plano que divide a la zona de píxeles verdes de la zona de píxeles no verdes (Figura 2).

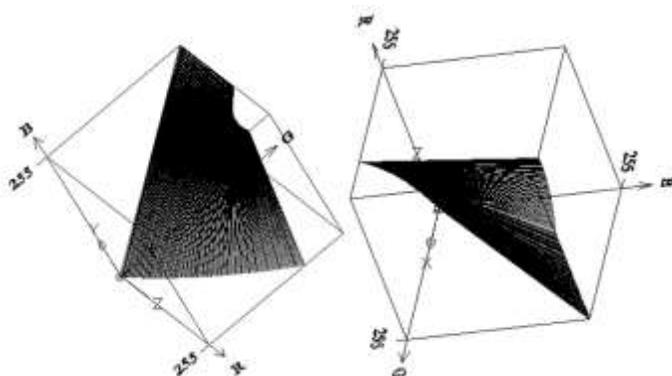


Fig. 2. Plano que divide a la zona de píxeles verdes de la zona de píxeles no verdes.

Con este plano, se elaboró una metodología para determinar si los valores RGB de algún píxel en particular, se encuentran en la zona de color verde. Además, se elaboró una rutina de código en el paquete de cómputo Microsoft Visual Studio 2010. La aplicación analiza cada píxel de una imagen y cuenta el número de píxeles verdes. El total de píxeles verdes se divide por el total de píxeles que componen la imagen y el resultado se multiplica por 100 para obtener el %AF.

El análisis de las fotografías para determinar el %AF consiste en analizar pixel por pixel y determinar si el color de cada pixel es verde o no es verde. Sin embargo, a medida que una imagen aumenta de tamaño, también aumenta el tiempo en el que la computadora determina el resultado. Por ello se obtuvo una estrategia en la cual el programa pudiera decidir si tomar solo una muestra de todos los píxeles de una fotografía para determinar el %AF. Esto se realizó al determinar el tamaño de muestra en un muestreo cualitativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se hizo la prueba del funcionamiento de la aplicación, para comprobar que identificará únicamente los colores verdes y estimará de manera correcta el %AF. Easlson y Bloom (2014) indican que ImageJ es el paquete de cómputo más común usado para la medición del área foliar y lo utilizaron en su estudio. Rincón et. al (2012), utilizaron el paquete de cómputo ImageJ® para medir el porcentaje de área foliar (%AF) en cinco especies vegetales y compararon el %AF real contra el %AF estimado con el ImageJ y encontraron correlaciones mayores que 0.997 y coeficientes de regresión desde 0.927 hasta 1.022 de la recta de la forma $y=ax$. Debido a esto se utilizó el mismo método para obtener el %AF con el programa ImageJ y se comparó con el %AF obtenido con el método propuesto en este estudio. Se graficaron los datos y se encontró una R^2 de 0.9993 y una pendiente de 1.0056. Además, se analizaron algunas imágenes y a éstas se les cambió el color de los píxeles a color blanco cuando la aplicación detectara color verde y a color negro cuando la aplicación detectara color no-verde (Fig. 3).



Fig. 3. Imagen original (izquierda) e imagen con píxeles verdes encontrados (derecha).

En total se analizaron 243 fotos. El tiempo que tardó la aplicación en analizar pixel por pixel de todas las fotos fue de 1 hora con 45 minutos y 49 segundos. No obstante, cuando se analizó una muestra de píxeles, se tardó 37 segundos. Se compararon los valores de %AF obtenidos con toda la población de píxeles contra los %AF obtenidos con solo una muestra de píxeles de la imagen y, se encontró una $R^2=$

0.9998 y pendiente de 1.0109. Se realizó la prueba de significación de la regresión y se determinó que no hay diferencia significativa de 1 en el valor de la pendiente. Adicionalmente, se encontró que no hay diferencia significativa en el porcentaje encontrado con una imagen de 16MP comparada con una imagen de 1MP (el valor más alto del error fue de 3%).

CONCLUSIONES

El %AF obtenido al analizar la mínima cantidad de píxeles explica en un 99.9% al %AF obtenido analizando todos los píxeles, por lo que es más eficiente analizar la mínima cantidad de píxeles de una imagen. Los valores de %AF obtenidos con una resolución de 16MP serán diferentes en un 0 a 3% con respecto a los valores de %AF obtenidos con resolución de 1MP, por lo tanto, si un investigador considera que el error no es significativo, puede optar por obtener imágenes digitales de 1MP de resolución para determinar el %AF.

Se recomienda obtener las imágenes a la sombra para adquirir colores claramente verdes y evitar en lo mayor posible el reflejo de rayos de sol a las imágenes, debido a que esto podría causar reflejo y afectar el %AF. Además, para realizar comparaciones, se deberá obtener la foto a la misma distancia y ángulo, con la misma cámara, para garantizar que el área comparada sea la misma en las imágenes, debido a que estos factores afectan al %AF en una imagen.

BIBLIOGRAFÍA

- Abràmoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophotonics international*, 11(7), 36-42.
- Ali, A. M., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., van Duren, I., Heiden, U., & Heurich, M. (2016). Estimating leaf functional traits by inversion of PROSPECT: Assessing leaf dry matter content and specific leaf area in mixed mountainous forest. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 45, 66-76.
- Brizuela-Amador Pérez, B., Alcantar González, G., Sanchez García, P., Pea-kalra, Y., Crumbaugh, J., Olive, C., & Maldonado Torres, R. (2007). Establecimiento de índices espectrales en el diagnóstico nutrimental de nitrógeno en maíz. *Agrociencia*, 41:827-835.
- Chen, Z., Gao, B., & Xu, B. (2015). Assessing visual green effects of individual urban trees using airborne Lidar data. *Science of the Total Environment*, 536, 232-244.
- Collins, T.J., 2007. ImageJ for microscopy. *BioTechniques* 43 (Suppl. 1), 25–30.
- De Mendiburu, F. (2014). *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research*. R package version 1, 1-6.
- Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in plant sciences*, 2(7).
- Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., Heiberger, R. M., Schuetzenmeister, A., & Scheibe, S. (2015). Package 'multcomp'. R package version 1, 1-36.
- Infante Gil, S., & Zárate de Lara, G. P. (1990). *Métodos estadísticos*. México: Trillas.
- Rev. Cienc. Agron. Apl. Biotecnol.*, 2(2022):58-63.

- Ishihara, M. I., & Hiura, T. (2011). Modeling leaf area index from litter collection and tree data in a deciduous broadleaf forest. *Agricultural and forest meteorology*, 151(7), 1016-1022.
- Jia, B., He, H., Ma, F., Diao, M., Jiang, G., Zheng, Z., . . . Fan, H. (2014). Use of a Digital Camera to Monitor the Growth and Nitrogen Status of Cotton. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-12.
- Katabuchi, M. (2015). LeafArea: an R package for rapid digital image analysis of leaf area. *Ecological Research*, 30(6), 1073-1077.
- Lévesque, J., & King, D. J. (2003). Spatial analysis of radiometric fractions from high-resolution multispectral imagery for modelling individual tree crown and forest canopy structure and health. *Remote Sensing of Environment*, 84(4), 589-602.
- Li, Y., Chen, D., Walker, C. N., & Angus, J. F. (2010). Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. *Field Crops Research*, 118(3), 221-227.
- R Development Core Team. (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org>.
- Randolph, N., Gardner, D., Anderson, C., & Minutillo, M. (2010). *Professional Visual Studio 2010*. USA: John Wiley & Sons.
- Rincón Guerrero, N., Olarte Quintero, M. A., & Pérez Naranjo, J. C. (2012). Determinación del Área Foliar en Fotografías Tomadas con una Cámara Web, un Teléfono Celular o una Cámara Semiprofesional. *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín*, 65(1), 6399-6405.
- Royer, D. L., Miller, I. M., Peppe, D. J., & Hickey, L. J. (2010). Leaf economic traits from fossils support a weedy habit for early angiosperms. *American Journal of Botany*, 97(3), 438-445.
- Tadić, V., Marković, M., Plaščak, I., Stošić, M., Lukinac-Čačić, J., & Vujčić, B. (2014). Impact of technical spraying factors on leaf area coverage in an apple orchard. *Tehnički vjesnik*, 21(5), 1117-1124.
- Tripler, E., Ben-Gal, A., & Shani, U. (2007). Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). *Plant Soil*, 197(1-2), 147-155.
- Yang, J., Zhao, L., McBride, J., & Gong, P. (2009). Can you see green? Assessing the visibility of urban forests in cities. *Landsc. Urban Plan.*, 91, 97-104.
- Zheng, G., & Moskal, L. M. (2009). Retrieving Leaf Area Index (LAI) Using Remote Sensing: Theories, Methods and Sensors. *Sensors*, 9(4), 2719-2745.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN VÍA FOLIAR Y RIEGO DE PACLOBUTRAZOL EN AGUACATE HASS (*Persea americana Mill*)

Ramirez-Ramirez Faustino^{1*}, Peralta-Nava Jorge Armando¹, Amador-Camacho Osvaldo¹, Ramírez-Ramirez María de Jesús¹, Aguilar-Bobadilla Magdalena Abigail¹ y González-Rodríguez Rigoberto²

¹Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Km. 10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640.

*Autor de correspondencia: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

²Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Mascota, Jal., División Académica Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Carretera Ameca - Mascota 100 km Chan Rey Mascota Jalisco CP 46900.

RESUMEN

Uno de los principales problemas que tienen que enfrentar los productores aguacateros en el Estado de Jalisco, es el excesivo crecimiento vegetativo de los árboles, provocando que en poco tiempo estos se junten unos con otros; como consecuencia de ello se presentan problemas fitosanitarios, el manejo de los huertos se dificulta, además de que se abaten los rendimientos. Para contrarrestar estos efectos es necesario realizar podas o aclarar el huerto, sin embargo, estas prácticas no son fácilmente adoptadas; ante esto, el uso de retardantes de crecimiento puede ser una alternativa para reducir el crecimiento de los árboles y mantener o incrementar el rendimiento. La finalidad de la presente investigación es generar metodologías con mayor impacto mediante la aplicación del producto paclobutrazol que modifica los procesos fisiológicos de la planta y con ello mejorar la productividad, calidad y rentabilidad del cultivo de aguacate. Se realizó un diseño experimental completamente al azar el cual consta de cuatro tratamientos con tres repeticiones para evaluar el efecto del paclobutrazol. Los resultados obtenidos en las diferentes variables fueron los siguientes: Frutos/Rama el T3 con una dosis de 0.0025 tuvo una media de 18 frutos por rama; en Frutos/Suelo los T3 y T1 presentaron frutos en el suelo lo cual se considera que hubo buen amarre del fruto. En la Variable frutos el T1 fue el que obtuvo mayor número de frutos comparado con el T4 quién es el testigo. El PBZ es un producto que incrementa los procesos metabólicos en las plantas ayudando a mejorar la producción de sus cosechas, brindándole un adecuado manejo del crecimiento y fructificación de sus cultivos.

Palabras clave: Productividad, Rentabilidad, Reguladores.

ABSTRACT

One of the main problems that avocado producers in the state have to face is the excessive vegetative growth of the trees, causing them to join each other in a short time; As a consequence of this, phytosanitary problems arise, the management of orchards is difficult, in addition to lowering yields. To counteract these effects, it is necessary to prune or thin the garden, however, these practices are not easily adopted; Given this, the use of growth retardants can be an alternative to reduce tree growth and

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

maintain or increase yield. The purpose of this research is to generate new technologies through the application of paclobutrazol to modify the physiological processes of the plant and thereby improve the productivity, quality and profitability of the avocado crop. A completely randomized experimental design was carried out which consists of 4 treatments with three repetitions to evaluate the effect of the growth regulator paclobutrazol. The results in the different variables were the following, treatments 3 and 4 based on 0.0025 doses, treatment 3 and 1 based on 0.0025 doses and T1 via irrigation 0.0025, treatment 1 via irrigation 0.0025. Therefore, the use of Paclobutrazol growth regulator does favor the avocado cultivation.

Key words: *Productivity, Profitability, Regulator.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de aguacate se ha constituido como un detonador de crecimiento económico y generador de empleo (Bravo et al., 2009) y con creciente consumo en el mundo (Gonzales, 2018) gracias a sus nutrientes y sus diferentes usos alimenticios e industriales. México es uno de los países con mayor producción en los últimos 10 años con el 48.9%, siendo Michoacán el primer productor con un 80%, Jalisco con 6.6%, el estado de México un 4.3% y Morelos con 2.4% (Rodríguez et al., 2017). Debido a la demanda constante del fruto se están buscando formas de facilitar y eficientar el manejo del cultivo tal es el caso del tamaño del árbol de aguacate que puede alcanzar alturas hasta de 20 metros, pero cuando es cultivado comercialmente no se deja crecer más de 5 metros para facilitar las labores culturales como prácticas de control fitosanitario, poda, fertilización foliar y cosecha (SAGARPA, 2011). Una alternativa para el manejo es el uso de reguladores de crecimiento, es una práctica que se realiza en algunos frutales de clima subtropical con diversos propósitos entre los que destacan: regular el crecimiento vegetativo, estimular la floración y aumentar el amarre del fruto. Tal es el caso del Paclobutrazol "PBZ", el cual retarda el crecimiento vegetativo y disminuye el vigor de las plantas debido a la reducción de los niveles de giberelinas (Ramírez et al., 2005; Ramírez et al., 2008; Kishore et al., 2015). Por lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto que tiene el regulador de crecimiento paclobutrazol sobre el desarrollo vegetativo de la planta en el cultivo de aguacate Hass para generar nuevas tecnologías mediante la aplicación para modificar los procesos fisiológicos de la planta y con ello mejorar la productividad, calidad y rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realiza en el huerto la Leona ubicado en el municipio de Tapalpa, Jalisco (Latitud 19°49'08.90" norte y 103°42'37.58" oeste; 2272 msnm). El Clima predominante es el Cb(w₂) que corresponde a Templado con verano fresco largo; lluvias en verano, la temperatura media anual es de 22°C (García, 2004). Para el estudio se utilizaron 20 árboles de entre 10 y 12 años de edad, establecidos en un marco real de 5 X 10 m. El manejo agronómico de la huerta se realizó de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Los tratamientos considerados en esta investigación se aplicaron previo a la floración de otoño del 2020 y estuvieron conformados por el regulador de crecimiento paclobutrazol

(PBZ), con tres dosis y tres métodos de aplicación (Cuadro 1). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento y árboles por unidad experimental.

Las aplicaciones de los tratamientos foliares se utilizaron con un equipo de aplicación de 3000 litros y un de 2000 litros, la aplicación del tratamiento 3 se realizó vía drench.

Las variables a evaluar fueron; Número de frutos en suelo, se contabilizaron el número de frutos que estaban en el suelo y se etiquetaron; para Número de Fruto por rama se contabilizó la cantidad de frutos amarrados por cada rama y en el de Frutos se sumaron los frutos tanto en suelo como en la rama.

Cuadro 1. Aplicación de dosis en los tratamientos.

TRATAMIENTOS	DOSIS DE PACLOBUTRAZOL (ml por árbol)	MÉTODO DE APLICACIÓN
T1	0.0025	Aspersora de 3000 litros
T2	0.0075	Aspersora de 2000 litros
T3	0.0025	Aplicación vía drench
T4	0.0000	Testigo

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete "statistical analysis system" SAS para Windows V8. La separación de medias de los efectos principales y combinaciones de las interacciones que resultaron significativas se efectuó con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frutos/Rama

La variable Frutos/Rama presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de Frutos/Rama al utilizar el T3 y T4 (Cuadro 2) con una media de 18.0 y 16 frutos respectivamente, teniendo hasta 39% mejor efecto en comparación con el T1 que alcanzó una media de 11.0. Según Köhne y Kremer-Köhne (1990) las aplicaciones con PBZ al suelo, follaje, pintado o inyectado al tronco causan efectos similares, pero dependen de la concentración y momento fenológico de la aplicación. La respuesta común de estos tratamientos es que previene el crecimiento vegetativo y favorece el proceso de desarrollo floral.

Cuadro 2. Comparación de Medias para la variable Frutos/Rama en el cultivo de Aguacate.

Tratamiento	Dosis de Paclobutrazol L (ml por árbol)	Frutos/Ramas
T1	0.0025/Aspersora 3000 l	13.00 B ^Z **
T2	0.0075/ Aspersora de 2000	11.00 B **
T3	0,0025/Aplicación vía riego	18.00 A **
T4	0,0000/Testigo	16.00 A **

**Altamente significativo; ^Z Medias con diferente letra en una columna son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)

Frutos/Suelos

En esta variable el ANOVA arrojó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Derivado de los tratamientos T3 y T1 (Cuadro 3) no se encontraron frutos en el suelo en comparación con T2 y T4 que los cuales se presentaron frutos.

Cuadro 3. Comparación de Medias para la variable Frutos/Suelo en el cultivo de Aguacate

Tratamiento	Dosis de Paclobutrazol L (ml por árbol)	Frutos/Suelo
T1	0.0025/Aspersora 3000 l	0.00 B ^{Z*}
T2	0.0075/ Aspersora de 2000	2.00 A*
T3	0,0025/Aplicación vía riego	0.00 B*
T4	0,0000/Testigo	1.00 A*

* Diferencias significativas; ^Z Medias con diferente letra en una columna son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)

Frutos

El número de frutos por planta fue significativamente mayor en lo tratamientos con PBZ, por lo que al comparar T1 con el Testigo T4 (Cuadro 4) se contabilizaron 121 frutos totales lo cual representó un 24% más de fruta total que el T4, esto favorece en la producción de aguacate. Estos resultados son similares a los reportados por Cárdenas y Rojas, (2003), quienes indicaron que la aplicación de paclobutrazol en mango "Tommy Atkins" resultó en un mayor número de frutos por inflorescencia. En manzano, también se reportó un incremento en la producción de fruto por árbol con la aplicación de retardante de crecimiento prohexadiona-Ca y mayor firmeza de los frutos cosechados (Ramírez et al., 2003).

Cuadro 4. Procedimiento de ANOVA para la variable Frutos en el cultivo de Aguacate

Tratamiento	Dosis de Paclobutrazol L (ml por árbol)	Frutos
T1	0.0025/Aspersora 3000 l	121.00 A ^{Z**}
T2	0.0075/ Aspersora de 2000	86.00 D**
T3	0,0025/Aplicación vía riego	97.00 B**
T4	0,0000/Testigo	92.00 C**

* Diferencias significativas; ^Z Medias con diferente letra en una columna son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)

CONCLUSIONES

El PBZ es un producto que incrementa los procesos metabólicos en las plantas ayudando a mejorar la producción de sus cosechas, brindándole un adecuado manejo del crecimiento y fructificación de sus cultivos. La aplicación del PBZ en el cultivo de aguacate se observaron resultados favorables en el número de fruta por rama y ayudó en el amarre de la fruta para evitar la pérdida de esta. Por lo que el buen manejo y la aplicación con la dosis adecuada como fue el caso del T1 mostró buenos resultados y favoreciendo la producción de aguacate en un sistema de producción intensivo en el estado de Jalisco

BIBLIOGRAFÍA

- Bravo E. M., Sánchez P. J. L., Vidales F. J. A., Saenz R. J. T., Chávez L. G. J., Madrigal H. S., Muñoz F. J. H., Tapia V. L. M., Orozco G. G., Alcantar R. J. J., Vidales F. I., Venegas G. E., (2009). Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. (INIFAP) Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícola y Pecuaria. Centros de investigación regional pacifico del centro. http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/libro_aguacate.pdf
- Cárdenas, K. y Rojas, E. (2003). Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango "Tommy Atkins". *Bioagro* 15(2):83-90.
- García, E. (2004). Carta de climas Jalisco. Climatología de la República Mexicana. Proyecto CONABIO-Estadigrafía. México, DF.90 p.
- González S. C. E., (2018). Cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller). Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal. Ministerio de agricultura y ganadería. 7-24. http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Aguacate%202019
- Kishore, K.; Singh, H. S. and Kurian, R. M. (2015). Paclobutrazol use in perennial fruit crops and its residual effects: A review. *Indian J. Agric. Sci.* 85(7): 863-872.
- Kremer- Köhne, S & Köhne, J. (1995). Posibles medios para incrementar el tamaño del aguacate Hass. Merensky Servicios Tecnológicos. PO Box 14. Duiwelskloof 0835. Sudáfrica.
- Ramírez, R. H.; Gómez, C. J. C.; Benavides, M. A.; Robledo-, T. V.; Encina, R. L. I. y Coello, C. C. A. (2003). Influencia de prohexadiona-Ca sobre crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto en manzano. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 9(2):279-284.
- Ramírez, H.; Peralta-Manjarrez, R. M.; Benavides-Mendoza, A.; Sánchez-López, A.; Robledo-Torres, V. y Hernández- Dávila, J. (2005). Efectos de prohexadiona-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 11(2):283-290.
- Ramírez, H.; Herrera-Gámez, B.; Méndez-Quiroa, Y. H.; BenavidesMendoza, A.; De la Cruz-Bretón, J. A.; Álvarez-Mares, V.; Rancaño-Arriola, J. H. y Villareal- Quintanilla, J. A. (2008). Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladette y chile pimiento. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 14(2):193-198.
- Rodríguez C. J., Escobedo R. A., Lugo M. O. Y., (2017). Inocuidad del aguacate. Unidad de servicios analíticos y meteorológicos. Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseños del estado de Jalisco A. C. 165-186. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/634/1/cap%20Inocuidad%20Aguacate.pdf>
- SAGARPA. (2011). Monografía de cultivos. Aguacate. Secretaría de Fomento Agropecuario. pp:1-10.

- Kishore, K.; Singh, H. S. and Kurian, R. M. (2015). Paclobutrazol use in perennial fruit crops and its residual effects: A review. *Indian J. Agric. Sci.* 85(7): 863-872.
- Kremer- Köhne, S & Köhne, J. (1995). Posibles medios para incrementar el tamaño del aguacate Hass. Merensky Servicios Tecnológicos. PO Box 14. Duiwelskloof 0835. Sudáfrica.

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE “Huskback” EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN 5 DIFERENTES ETAPAS DE MADURACIÓN

Ramirez-Ramirez Faustino^{1*}, Peralta-Nava Jorge¹, Amador-Camacho Osvaldo¹, Ramírez-Ramírez M¹, Garcia-Aguilar I.¹ y González-Rodríguez R²

¹Tecnológico Nacional de México Campus Tlajomulco, Jal., Departamento de Ciencias Agropecuarias. Km. 10 carretera Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP 45640 Tel (33) 3772-4426 Y 3772-4427. *Autor de correspondencia: faustino.rr@tlajomulco.tecnm.mx

²Instituto Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina Pasquél y Henríquez Unidad Académica Mascota, Jal., División Académica Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Carretera Ameca - Mascota 100 km Chan Rey Mascota Jalisco CP 46900. Tel: 388 38 52010 y 388 38 60518

RESUMEN

La producción de semillas de calidad se enfrenta a diferentes situaciones que pueden comprometer la entrega de producto. Los objetivos de este proyecto fueron: evaluar el efecto de pelado de maíz “Husk Back”, en el control de *Fusarium* (*Fusarium spp.*) y larva de la mosca pinta (*Euxesta stigmatias* Loew) así como germinación de semillas de Maíz. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar utilizando 6 tratamientos con 4 repeticiones. Al tratamiento 1 (T1) fue el testigo sin pelado de mazorca, el tratamiento 2 (T2), se realizó 15 días después de la polinización (ddp), tratamiento 3 (T3), 20 ddp, tratamiento 4 (T4), 25 ddp, tratamiento 5 (T5), 30 ddp y tratamiento 6 (T6), 35 ddp, se hizo conteo de germinación para evaluar el tratamiento con los mejores resultados en la variable: Semillas germinadas y Porcentaje de germinación. Se realizó una prueba de ANOVA y prueba de Tukey donde los resultados mostraron que el testigo y T6 35 ddp, es el ideal en la producción de Maíz en la etapa vegetativa de la planta.

Palabras clave: Husk back, Polinización, Germinación.

ABSTRACT

The production of quality seeds faces different situations that can compromise product delivery. The objectives of this project were: to evaluate the effect of "Husk Back" corn peeling, in the control of *Fusarium* (*Fusarium spp.*) And larvae of the pint fly (*Euxesta stigmatias* Loew) as well as corn seed germination. A completely randomized block experimental design was used using 6 treatments with 4 repetitions. Treatment 1 was the control without cob peeling, treatment 2 was carried out 15 days after pollination, treatment 3, 20 days after pollination, treatment 4 25 ddp, treatment 5, 30 ddp and treatment 6, 35 ddp, A germination count was made to evaluate with which treatment the best results were obtained in the variable: Germinated seeds and Germination percentage. An ANOVA test and tukey test were carried out where the results showed that the control and T6 35 ddp, is the Ideal in the production of Corn in the vegetative stage of the plant.

Key words: Husk back, Pollination, Germination.

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

La producción de semillas requiere de cuidados especiales desde la siembra hasta la cosecha, por lo que se deben implementar prácticas de manejo que eviten exponer el cultivo a situaciones de estrés hídrico, térmico, nutricional (calcio, fundamentalmente), entre otros. De esta forma, se producirán semillas capaces de desarrollar plántulas vigorosas que favorezcan un establecimiento rápido del cultivo en un amplio rango de condiciones ambientales (Roberts y Ellis, 1980). La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995). Por otro lado, la calidad física involucra características tales como: contenido de humedad, peso por volumen y pureza (Moreno, 1996).

En México se han realizado diversos estudios para incrementar la calidad de la semilla, por lo que una alternativa con la que se busca mejorar la calidad es por medio de la práctica del “Husk Back” o pelado de la mazorca este se realiza cuando han pasado al menos 20 días después de la polinización. Hasta el momento no se han registrado trabajos utilizando esta técnica por lo que esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto del pelado de mazorca en 5 etapas de madurez fisiológica con la calidad de la semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el 2020 en el Rancho “El Mariscal” ubicado en la localidad de Cuexcomatitlán municipio de Tlajomulco de Zúñiga Jalisco, con coordenadas 103.362 longitud oeste y 20.428 latitud norte; y a una altura sobre el nivel del mar de 1560 metros. La investigación se realizó en dos Fases: En la primera fase se realizó la polinización, con la finalidad de garantizar la polinización y evitar la contaminación cruzada, por lo que esta se realizó el mismo y se colocó una bolsa de glaseen para proteger el jilote; además se realizó un recorte al jilote un par de centímetros hacia abajo desde donde emergen los estigmas, con el objetivo de dar un aceleramiento biológico del brote para una mayor cantidad de estigmas, asegurándose una mejor polinización. En la segunda fase se realizó el pelado de mazorca: la cual consiste en desprender las brácteas hacia abajo con la finalidad de dejar 100% descubierto el fruto. Una vez terminado el trabajo, se tomaron las muestras necesarias de cada uno de los tratamientos, para su debida evaluación. El diseño experimental en ambas fases fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Por cada tratamiento (Tabla 1), en cada bloque se hicieron 4 repeticiones del conteo de 100 semillas para evaluar semillas germinadas y porcentaje de germinación. Para este procedimiento se utilizó un contador de semillas marca KIRBY LESTER COUNT (<https://www.capsahealthcare.com/product/kl1-tablet-counter/>), una vez teniendo las 100 semillas por cada repetición se pesaron en una báscula METTER TOLEDO modelo BBA226 (https://www.mt.com/es/es/home/library/product-brochures/industrial-scales/BBA226_bro.html). La aplicación de los tratamientos fue como se muestra a continuación:

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo. Sin Pelado.
T2	Pelado 15 días después de la polinización (ddp)
T3	Pelado 20 días después de la polinización (ddp)
T4	Pelado 25 días después de la polinización (ddp)
T5	Pelado 30 días después de la polinización (ddp)
T6	Pelado 35 días después de la polinización (ddp)

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete "statistical analysis system" SAS para Windows V8. La separación de medias de los efectos principales y combinaciones de las interacciones que resultaron significativas se efectuó con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Semillas germinadas en el cultivo de Maíz (*Zea mays*). La variable semillas germinadas en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), presentó un efecto positivo y diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de germinación al utilizar el Testigo (sin pelado) y el T6 pelado 35 ddp con una media de 0.031450 y 0.028875 siendo los que mejor efecto obtuvieron en comparación con el tratamiento 2 que alcanzó una media menor de 0.02178 (Cuadro 2)

Cuadro 2.- ANOVA y Prueba de Medias para la variable semillas germinadas.

Tratamiento	Descripción	Semillas germinadas
T1	Testigo. Sin Pelado.	0.03145 A**
T2	Pelado 15 días después de la polinización (ddp)	0.02177 D
T3	Pelado 20 días después de la polinización (ddp)	0.02400 C D**
T4	Pelado 25 días después de la polinización (ddp)	0.02612 B C**
T5	Pelado 30 días después de la polinización (ddp)	0.02557 B C**
T6	Pelado 35 días después de la polinización (ddp)	0.02887 A B **

**Altamente significativo; ^z Medias con diferente letra en una columna son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)

En el procedimiento de Tukey (Cuadro 3) para la variable semillas germinadas en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), dividió los grupos en 5 grupos en el grupo A se encuentra el tratamiento 1 el cual corresponde al sin pelado con una media de 0.031450 en comparación con el tratamiento 2, en el grupo BA se encuentra el tratamiento 6 pelado 35 ddp con una media de 0.028875 siendo estos los que mejor porcentaje de germinación obtuvieron, en el grupo BC se encuentran los tratamientos 4 y 5 que corresponden al pelado 25 ddp y 30 ddp con una media de 0.026125 y 0.025575, en el grupo DC se encuentra el tratamiento 3 que corresponde al pelado 20 ddp con una media de 0.024000, en el

grupo D se encuentra el tratamiento 2 el cual corresponde al pelado 15 ddp con una media menor de 0.021775 siendo este en el que menos porcentaje de germinación se obtuvo

Porcentaje de germinación en el cultivo de Maíz (*Zea mays*). La variable Porcentaje de germinación en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), presentó un efecto positivo y diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, alcanzando el mayor número de germinación al utilizar el Testigo (sin pelado) y el T6 pelado 35 ddp, con una media de 77.247 siendo los que mejor efecto obtuvieron en comparación con el tratamiento 2 que alcanzó una media menor de 63.589 (Cuadro 3)

Cuadro 3.- ANOVA y Prueba de Medias para la variable porcentaje de germinación

Tratamiento	Descripción	Porcentaje de germinación
T1	Testigo. Sin Pelado.	77.247% A**
T2	Pelado 15 días después de la polinización (ddp)	63.589% B**
T3	Pelado 20 días después de la polinización (ddp)	76.689% A**
T4	Pelado 25 días después de la polinización (ddp)	77.059% A**
T5	Pelado 30 días después de la polinización (ddp)	77.027 A**
T6	Pelado 35 días después de la polinización (ddp)	77.247 A**

**Altamente significativo; ^z Medias con diferente letra en una columna son diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$)

En el procedimiento de Tukey (Cuadro 3) para la variable porcentaje de germinación en el cultivo de Maíz (*Zea mays*), dividió los grupos en 2 grupos en el grupo A se encuentra el tratamiento 1 el cual corresponde al sin pelado con una media de 0.031450, T6 pelado 35 ddp con una media de 77.247, T4 que corresponde al pelado 25 ddp con una media de 77.059, T5 que corresponde al pelado 30 ddp con una media de 77.027 y T3 que corresponde al pelado 20 ddp con una media de 76.689 en comparación con el tratamiento 2, en el grupo B se encuentra el tratamiento 2 el cual corresponde al pelado 15 ddp con una media menor de 63.589 siendo este en el que menos porcentaje de germinación.

CONCLUSIONES

La producción de semillas de calidad se enfrenta a diferentes situaciones que pueden comprometer la entrega de producto con buena calidad de semilla. La práctica de “Husk Back”, en español pelado de mazorca, resultó ser una alternativa para favorecer el secado de la semilla de maíz, esta actividad se hace en los materiales más tardíos de cada lote para evitar que sean cosechados frescos y esto afecte su calidad fisiológica. El presente estudio se llega a la conclusión después de haber realizado los cálculos estadísticos necesarios para conocer cuál de los tratamientos tuvo mayor efectividad, se llega a la conclusión que de los seis tratamientos que se trabajaron, los de mejor resultado fueron el testigo y 35 ddp, puesto que en el testigo al dejarle las brácteas cubriendo la semilla, no corre riesgo de ser afectado la germinación de la semilla, mientras que en el tratamiento 35 ddp, al dejarse por tiempo prolongado el glasin, la semilla corre menos riesgos de ocasionar dificultades por el medio que la rodea.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y su clasificación. [en línea] Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Basra, A. S. 1995. Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Basra, A. S. (ed.) Food Products Press. Preface. New York, USA.
- Booth C.1977. The Genus *Fusarium*. Kew (Surrey): Commonwealth Mycological Institute.
- BugGuide. 2013. *Chaetopsis massyla* and *Euxesta stigmatias*.
- Camacho B. J. R., C. G. García, M. M. Ocampo, A. Dagoberto, A. Bojorquez, E. N. Pérez, J. I. V. Hernández, U. G. Guitrón. 2012. Enemigos naturales de las moscas de los estigmas del Maíz: *Euxesta stigmatias* (Loew), *Chaetopsis massyla* (Walker) y *Eumecosomyia nubila* (Wiedemann) en Guasave Sinaloa, México.
- Ciampitti A. I., M. Boxler y F. O. García. 2008. Nutrición de Maíz: Requerimientos y absorción de nutrientes. [en línea] IPINI
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 1995. Principles of seed science and technology. 3rd. ed. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- DeKalb. 2012. Mosquita pinta o mosquita del estigma del maíz. [en línea] Hoja desplegable DeKalb.
- Deras F. H. 2009. Guía técnica-El cultivo del Maíz. [en línea] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en El Salvador (IICA).
- Desjardins, A. E., R. D. Plattner, M. Lu and L. E. Clafin. 1998. Distribution of fumonisins in maize ears infected with strains of *Fusarium moniliforme* that differ in fumonisin production. Plant Disease.
- Fernandez, Elena & Cerioni, Guillermo & Giayetto, Oscar & Morla, Federico. (2017). Calidad Fisiológicas de las Semillas.
- Kelly A., F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical—John Wiley and Sons. New York, USA. 227 p.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ra. ed. UNAM. México, D. F. 393 p.
- Roberts, E. H y Ellis R. H. 1980. Seed physiology and seed quality in soybean. En: Summerfield, R.J y A.H Bunting. Advances in legumes Science. p: 297-311
- Steyskal, G. C. y K. M. Ahlmark. 1995. Two new species of *Euxesta* Loew (Diptera: Otitidae).
- Yates, I.E.; Jaworshi, A.J.1997. Differential growth of *Fusarium verticillioides* relative to tissues from” silver queen, a sweet maize. Can. J. Bot 78(4):472- 480.

EVALUACIÓN DE IONES E INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA EN EJUTLA DE CRESPO, OAXACA

Zárate-Martínez William^{1*} y Rodríguez-Hernández Rafael¹

¹Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, ETLA, Oaxaca, México. CP. 68200. *Autor de correspondencia: zarate.william@inifap.gob.mx

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de conocer las características químicas del agua y sus posibles implicaciones al realizar el programa nutricional en el territorio Ejutla de Crespo, Oax. Se determinaron cuatro sitios de muestreo: zona centro y zona sur de la comunidad Guixé perteneciente al municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz; en las comunidades de Hacienda Vieja y La Noria Sección 13, pertenecientes al municipio de Ejutla de Crespo, Oaxaca. En cada sitio se realizaron muestreos de agua, posteriormente se determinó pH, conductividad eléctrica (C.E.), contenido de cationes, contenido de aniones y variables de calidad de agua (RAS y dureza de agua). El trabajo se realizó en un diseño completamente al azar, con cuatro sitios y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron en el programa estadístico Infostat. Como resultados se encontró que las aguas estudiadas presentan una gran diversidad de iones, con altas concentraciones de Ca, Mg y HCO₃. Según las variables de calidad, el agua del territorio tiene características que la clasifican como adecuada para riego, sin embargo, debido al pH y al contenido de HCO₃⁻ el agua tiene que ser tratada. Se concluye que el uso del ácido adecuado es necesario para bajar el pH del agua, neutralizar los carbonatos, evitar precipitaciones y liberar iones que serán aprovechados por la planta, lo cual, se traducirá en un menor uso de fertilizantes y ahorro para el productor.

Palabras clave: iones, carbonatos, dureza del agua.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of knowing the chemical characteristics of the water and its possible implications when carrying out the nutritional program in the Ejutla de Crespo territory, Oax. Four sampling sites were determined: central zone and south zone of the Guixé community belonging to the municipality of Miahuatlán de Porfirio Díaz; in the communities of Hacienda Vieja and La Noria Section 13, belonging to the municipality of Ejutla de Crespo, Oaxaca. At each site, water samples were taken, subsequently pH, C.E., cation content, anion content and water quality variables (RAS and water hardness) were determined. The work was carried out in a completely randomized design, with four treatments and four repetitions. The data were analyzed in the statistical program Infostat. As a result, it was found that the studied waters present a great diversity of ions, with high concentrations of Ca, Mg and HCO₃. According to the quality variables, the water in the territory has

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

characteristics that classify it as suitable for irrigation, however, due to the pH and the HCO_3^- content, the water has to be treated. It is concluded that the use of the appropriate acid is necessary to lower the pH of the water, neutralize carbonates, avoid precipitation and release ions that will be used by the plant, which will result in less use of fertilizers and savings for the producer.

Key words: *ions, carbonates, water hardness.*

INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del gobierno federal de México implementó el Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER), cuyo objetivo fue mejorar la producción, rentabilidad y sustentabilidad de las Unidades de Producción Familiar (UPF), con el fin de contribuir a mejorar el ingreso de la población rural (DOF, 2019). Tomando como base criterios agroecológicos y sociales, se definieron territorios homogéneos prioritarios en los cuales se implementó un proceso de intervención que consideró apoyo técnico y organizativo, identificación de cadenas productivas prioritarias y determinación de proyectos de inversión. Como parte del programa, se ofreció apoyo técnico a los productores, así también se realizó un diagnóstico técnico productivo de las UPF, lo cual, fue información que se utilizó como referencia. En el estado de Oaxaca, uno de los territorios se ubicó en los municipios de Ejutla de Crespo y Miahuatlán de Porfirio Díaz, donde las cadenas productivas prioritarias fueron: Maíz (*Zea mays*), hortalizas y *Agave* mezcalero (*Agave* sp.). La producción de hortalizas en el territorio es diversa, a campo abierto o invernaderos de baja tecnología, generalmente, los agricultores siembran variedades nativas, en el caso de chile (*Capsicum annuum*) están reportadas las siguientes poblaciones piquín, tusta, de agua y tabiche (Cruz-Andrés et al., 2018). Según el SIAP (2020) en el municipio de Ejutla de Crespo las principales hortalizas que se cultivan son: tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) (42 ha), chile verde (*C. annuum*) (24 ha), calabacita (*Cucurbita pepo*) (17 ha) y tomate verde (*Physalis philadelphica*) (9 ha) con rendimientos de 208.5, 7.2, 11.4 y 9.5 ton/ha respectivamente; en el municipio de Miahuatlán de Porfirio Díaz las principales hortalizas que se siembran son: ajo (*Allium sativum*) (17 ha), tomate verde (*Physalis philadelphica*) (16 ha), tomate rojo (*S. lycopersicum*) (10 ha) y calabacita (*C. pepo*) (8 ha) con rendimientos de 6.7, 9.8, 145.1 y 11.7 ton/ha respectivamente. La presente investigación se realizó con el objetivo de conocer las características químicas del agua y sus posibles implicaciones al realizar el programa nutricional en el territorio Ejutla de Crespo, Oax. Lo anterior puede resultar en un beneficio y ahorro para el productor, ya que, al conocer el contenido de iones del agua, estos ya no se aplicarán mediante el uso de fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. El territorio prioritario H. Ejutla de Crespo se ubica en el sur de la región Valles Centrales de Oaxaca, dentro de las coordenadas geográficas: 16° 13' y 16° 44' latitud norte y 96° 25' y 96° 53' longitud oeste, el cual abarca el municipio de Ejutla de Crespo y parte del municipio de

Miahuatlán de Porfirio Díaz. Dentro del territorio se generaron cuatro sitios de trabajo: 1) Guixé, Zona Centro, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, 2) Guixé, Zona Sur, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, 3) Hacienda Vieja, Ejutla de Crespo, Oaxaca y 4) La Noria Sección 13, Ejutla de Crespo, Oaxaca. La temperatura promedio en estos municipios es de 20.5 +/- 7.5 ° C, la precipitación oscila entre 568 - 698 mm y se encuentran a una altitud de 1300 a 1600 m.s.n.m. (SMN, 2020). Las comunidades presentan un clima semiseco semicálido (INEGI-CONAFOR, 2013). Los muestreos de agua se realizaron el día 28 de febrero de 2020.

Muestreo de agua. Se realizó directamente de la fuente de agua de cada productor. En cada sitio de trabajo se tomaron tres muestras de agua, cada muestra se guardó en un envase limpio con capacidad de 1 L. Al momento de recolectar el agua se revisó que esta fuera homogénea y que no presentará materiales extraños. Los envases se etiquetaron y guardaron en bolsas limpias siguiendo lo indicado por (Castellón *et al.*, 2014). Según los sitios de muestreo se generaron cuatro grupos, los cuales, fueron: (GZC) = Guixé, Zona Centro, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca; (GZS) = Guixé, Zona Sur, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca; (HV) = Hacienda Vieja, Ejutla de Crespo, Oaxaca y (LNS13) = La Noria Sección 13, Ejutla de Crespo, Oaxaca.

Análisis de agua. La medición de la conductividad eléctrica del agua se realizó por triplicado (NMX-AA-093-SCFI-2018). También se determinó pH (NMX-AA-008-SCFI-2016). Se calculó RAS con la ecuación propuesta por USSL (1954). Se midieron las siguientes variables: dureza en agua por titulación (NMX-AA-072-SCFI-2001), Cl⁻ (NMX-AA-073-SCFI-2001), NO₃⁻ (NMX-AA-079-SCFI-2001); Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻ y CO₃²⁻ (Rice *et al.*, 2012).

Análisis de datos. Los resultados de laboratorio se analizaron mediante un diseño completamente al azar, el cual, constó de cuatro sitios de trabajo y cuatro repeticiones (parcela/pozo de cada productor). Los datos se presentaron en valores medios con desviación estándar y analizados estadísticamente con el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008). Se realizó ANOVA y comparación de medias por el método LSD (P <0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas en agua fueron: C.E., Mg, Na, K, SO₄, HCO₃ y NO₃ (Cuadro 1). La mayor conductividad se encontró en el sitio GZS (1.19 me L⁻¹), este mismo sitio presentó la mayor cantidad de Mg, Na, K, SO₄²⁻, HCO₃⁻ y NO₃. Lo anterior muestra la cantidad de iones (aniones y cationes) disueltos en el agua de este territorio. Según la comparación de medias, el contenido de HCO₃⁻ formó dos grupos a y b, las muestras a presentan valores entre 7.12 – 7.97 y la muestra b presenta un valor de 4.94, valor que sigue siendo alto, por lo cual, es una variable a la cual se le debe poner atención.

Cuadro 1. Contenido de aniones y cationes en muestras de agua en el territorio Ejutla de Crespo Oax.

Sitio	Cationes (me L ⁻¹)						Aniones (me L ⁻¹)					Calidad	
	C.E. (dS/m)	pH	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	HCO ₃	Cl	CO ₃	NO ₃	RAS	Dureza
GZC	0.83b	7.80a	3.47a	3.48ab	1.14b	0.18a	0.86b	7.12a	0.21a	0.25a	0.04b	0.61b	35.73a
GZS	1.19a	7.67a	4.79a	4.32a	2.60a	0.20a	2.42a	7.97a	1.00a	0.00a	0.77a	1.22a	44.12a
HV	0.68b	7.59a	3.51a	2.60b	0.70b	0.09b	1.06ab	4.94b	0.44a	0.00a	0.33ab	0.40b	30.40a
LNS13	0.87ab	7.45a	4.74a	2.68b	1.32b	0.05b	0.99b	7.31a	0.30a	0.00a	0.29ab	0.69b	36.93a

GZC: Guixé, Zona Centro, GZS: Guixé, Zona Sur, HV: Hacienda Vieja, LNS13: La Noria Sección 13. Comparación de medias por el método LSD (P <0.05), letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

En la variable C.E. podemos afirmar que el agua cambia de un sitio a otro, y aunque se encontró diferencias estadísticas los valores son menores o cercanos de 1 dS/m, lo cual, no compromete el rendimiento máximo de un cultivo (Tanji, 1990). El pH del agua es una variable de gran importancia, que caracterizará la solución nutritiva a utilizar, es una propiedad inherente de la composición química del agua y no puede cambiar independientemente (De Rijck y Schrevens, 1998). El pH apropiado de una solución nutritiva para el desarrollo de los cultivos debe estar entre 5.5 y 6.5 (Favela-Chavez *et al.*, 2006). Por lo cual, las aguas de los sitios estudiados deben ser tratadas debido a que el pH promedio es mayor a 7.45. El Ca promedio del agua en los sitios estudiados presentó valores superiores a 3.47 me L⁻¹, lo cual significa un aporte importante de calcio, Steiner (1984) considera una concentración de 9 me L⁻¹ para una solución nutritiva balanceada. Cuando hay altas concentraciones de Ca, este puede reaccionar con el SO₄ y precipitar como CaSO₄, por lo cual, en estos casos no es recomendable usar ácido sulfúrico para bajar los niveles de pH. La concentración de Mg en el agua, es de gran importancia para realizar el balance con los demás cationes. Por lo general, en aguas que contienen menos de 3 me L⁻¹ se les debe adicionar una porción de Mg (fertilizante). Cuando el contenido de Mg es mayor a 5 me L⁻¹, no se requiere aplicar este ion a la solución nutritiva, En este estudio los valores promedio de Mg fueron de 2.6 hasta 4.32 me L⁻¹ y Steiner (1984) considera una concentración de 4 me L⁻¹. Las concentraciones de K en el agua (< 1 me L⁻¹) son bajas con respecto a lo requerido en una solución nutritiva (7 me L⁻¹) (Steiner, 1984). El K se requiere en altas cantidades debido a su importancia en funciones fisiológicas, es un activador en diversos procesos, necesarios para la conservación del agua en la planta, así como apertura y cierre estomático. El contenido de SO₄²⁻ en las aguas estudiadas es diverso, no se encuentra en altas concentraciones, si los sulfatos en el agua fueran superiores a 7 me L⁻¹, no se recomienda utilizar fertilizantes o ácidos azufrados, además se correría el riesgo de precipitar como CaSO₄, cuando el calcio también se encuentra en altas concentraciones. Los HCO₃⁻ deben ser

neutralizados al momento de preparar una solución nutritiva, ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido de HCO_3^- en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Rincón, 1997); además, al tener un pH elevado en la solución nutritiva, el Ca y Mg pueden precipitar con el HPO_4 (Amiri y Sattary, 2004). En la práctica se recomienda usar ácidos (sulfúrico, fosfórico o nítrico) hasta dejar 0.5 me L^{-1} de bicarbonatos sin neutralizar o lograr un pH de 5.5 o incluso de 5.0 (Rincón, 1997). El contenido promedio de CO_3^{2-} en las muestras de agua estudiadas es bajo $\leq 0.25 \text{ me L}^{-1}$. 1 me L^{-1} de CO_3^{2-} se neutraliza con 2 me L^{-1} de ácido, por lo cual, su neutralización es más complicada con respecto a los bicarbonatos, los cuales, se neutralizan con 1 me L^{-1} de ácido. El contenido de NO_3 en el agua es muy bajo, se deben aplicar a la solución nutritiva mediante fertilizantes.

La variable de calidad que mostró diferencia estadística fue RAS, el agua de todos los sitios se clasifica como agua baja en sodio (0-10 RAS). Según la clasificación propuesta por Richards (1990), las aguas estudiadas no representa un problema para los cultivos (Anku et al., 2009). La dureza del agua es otra variable que se toma en cuenta al momento de preparar una solución nutritiva, en este estudio se encontró agua medianamente dura y agua dura al encontrarse valores entre 22 a $54 \text{ }^\circ\text{F}$ (Cánovas, 1986).

CONCLUSIONES

El agua del territorio contiene alta concentración de Ca y Mg, lo cual significa el ahorro de estos elementos y el productor los puede aprovechar del agua, al realizar las soluciones nutritivas. Debido a que el pH es superior a 7 y hay un alto contenido de HCO_3 se sugiere el uso de ácidos (sulfúrico, fosfórico y nítrico) para disminuir ambas variables. El agua del territorio tiene características que la clasifican como buena para el riego agrícola, con pequeñas correcciones que deben ser atendidas.

AGRADECIMIENTOS

Productores integrantes del PRODETER Ejutla, Oaxaca.

BIBLIOGRAFÍA

- Amiri, M. y Sattary, N. (2004). Mineral precipitation in solution culture. *Acta Horticulturae*. 644:469-478.
- Anku, Y. S.; Banoeng, Y. B.; Asiedu, D. K. y Asiedu, S. M. (2009). Water quality analysis of groundwater in crystalline basement rocks, northern Ghana. *Environmental Geology*. 58:989-997.
- Castellón, G. J. J.; Bernal, M. R. y Hernández, R. M. de L. (2015) Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*.19(1): 39-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924004>
- Cánovas, C. J. (1986). Calidad agronómica de las aguas de riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MEAAPA), servicio de extensión agraria. 4ta. Edición, Madrid, España. 139 p. ISBN 10: 8434101602 / ISBN 13: 9788434101609.

- Cruz-Andrés, O. R.; Pérez-Herrera, A.; Martínez-Gutiérrez, G. A. y Morales, I. (2018). Cubiertas de macrotúneles y su efecto en las propiedades nutraceuticas del chile de agua. *Revista fitotecnia mexicana*. 41(4a):555-558.
- De Rijck, G. y Schrevens, E. (1998). Comparison of the mineral composition of twelve standar nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition*. 21:2115-2125.
- Di Rienzo, J. A; Casanoves, F.; Balzarini, M.G; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. (2008). *InfoStat versión 2008*. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/>.
- DOF. (2019). Diario Oficial de la Federación. ACUERDO por el que se dan a conocer los Lineamientos de Operación del Programa de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2019. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551593&fecha=28/02/2019.
- Favela-Chavez, E.; Preciado-Rangel, P. y Benavides-Mendoza, A. (2006). *Manual para la Preparación de Soluciones Nutritivas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Saltillo, Mexico. p. 146. ISBN 96-8844-051-5.
- INEGI-CONAFOR. (2013). Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Comisión Nacional Forestal. *Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Oaxaca 2013*. ISBN 978-607-8383-02-3. https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/seif_oaxaca/images/pdf/IEFyS_Marco_Geografico.pdf.
- Rice, E. W.; Baird, R. B. y Eaton, A. D. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. Edición and Revised 22nd. 1496 p. Washington, DC. USA. ISBN-10: 9780875530130
- Richards, L. A. (1990). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: Manual No. 60*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de America. Limusa. México, D. F.
- Rincón, S. L. (1997). Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- SIAP. (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do.
- SMN. (2020). Servicio Meteorológico Nacional. *NORMALES CLIMATOLÓGICAS del estado de Oaxaca (1981-2010)*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=oax>.
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*. Wageningen. The Netherlands.

Tanji, K. K. (1990). Agricultural salinity assessment and management. American Society of Civil Engineers. New York.

USSL. United States Salinity Laboratory. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. Washington, D.C: USDA. 159 pp.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE AGAVE EN EL ESTADO DE OAXACA Y PRODUCCIÓN NACIONAL DE MEZCAL

Zárate-Martínez William^{1*} y Rodríguez-Hernández Rafael¹

¹Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. CP. 68200. *Autor de correspondencia: zarate.william@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El objetivo de esta investigación es analizar la superficie destinada a la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca y la producción nacional de mezcal, ante la demanda constante de mezcal y por lo tanto de materia prima. En el estado de Oaxaca se contaban con 8,806 ha destinadas a la producción de *Agave* en el año de 1982, posteriormente en el año de 1987 la superficie incremento a 11,050 ha y en año de 1992 ya eran 13,879 ha destinadas a la producción de *Agave*, en el mismo año (1992) la superficie cosechada era de 3,760 ha. A partir del año 2016 se observó un incremento constante en la superficie sembrada hasta llegar a tener 10,839 ha en el año 2021. La producción de mezcal muestra un crecimiento constante, el cual, se ha visto impulsado por el mercado internacional, dichos crecimientos se encuentran alrededor del 40%. Lo anterior generará una mayor demanda de materia prima y por lo tanto una necesidad de incrementar la superficie destinada a la producción de *Agave*.

Palabras clave: *Producción de Agave, Mezcal, Maguey.*

ABSTRACT

The present research work was carried out in the facilities of the Valles Centrales de Oaxaca Experimental Field of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP). The objective of this research is to analyze the area used for the production of *Agave* in the state of Oaxaca and the national production of mezcal, given the constant demand for mezcal and therefore raw material. In the state of Oaxaca there were 8,806 has destined to the production of *Agave* in the year of 1982, later in the year of 1987 the surface increased to 11,050 ha and in the year of 1992 there were already 13,879 has destined to the production of *Agave*, in the same year (1992) the harvested area was 3,760 ha. As of 2016, a constant increase in the planted area has been observed, reaching 10,839 ha in 2021. Mezcal production shows constant growth, which has been driven by the international market, said growth is around 40%. The above will generate a greater demand for raw material and therefore a need to increase the area used for the production of *Agave*.

Key words: *Production of Agave, Mezcal, Maguey.*

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

México posee el 90% de las especies de Agave que existen en el mundo (García-Mendoza, 2010). Estas plantas tienen una gran importancia ecológica, social, cultural y económica en México, de ellas se obtienen fibras, miel, materiales de combustión y construcción, papel, extractos medicinales y bebidas alcohólicas (Colunga-García et al., 2007). México es considerado el centro de origen y de diversificación de este género (Colunga-García et al., 2007). En el estado de Oaxaca, existe la mayor diversidad de agaves de México, hay 38 especies y 13 son endémicas. De las 38 especies presentes en Oaxaca, 10 son utilizadas de manera tradicional para la obtención de algún tipo de bebida destilada, sin embargo, para la elaboración de mezcal regularmente se emplean solamente ocho (García-Mendoza, 2018).

Las especies más utilizadas para la elaboración de mezcal son: *Agave angustifolia*, *A. rhodacantha*, *A. potatorum*, *A. seemanniana*, *A. marmorata*, *A. karwinskii*, *A. americana* var. *americana* y *A. a.* var. *oaxacensis* (García-Mendoza, 2010). En el distrito de Tlacolula, para la producción de mezcal se utiliza *A. angustifolia*, el cual, se cultiva en la región de Valles Centrales. En el distrito de Yautepec se ha impulsado el cultivo de *A. angustifolia*, la mayoría se encuentra en laderas y actualmente se utiliza esta especie para la producción de mezcal (Bautista y Smit, 2012). En Miahuatlán, *A. angustifolia* es la especie que más se utiliza, sin embargo, se utilizan otras especies tales como: *A. karwinskii*, *A. potatorum*, *A. marmorata* y *A. americana* var. *oaxacensis* (Cuevas et al., 2019). En Ejutla hay una gran diversidad de agaves que son utilizados para la producción de mezcal, en total son 17 variedades, distribuidas en las siguientes especies: *A. americana* var. *oaxaquensis*, *A. a.* var. *americana*, *A. karwinskii*, *A. angustifolia*, *A. convallis*, *A. rhodacantha*, *A. marmorata* y *A. potatorum* (Perez, 2007). En el distrito de Ocotlán, Oaxaca se han registrado un total de seis especies que son utilizadas para la elaboración de mezcal: *A. americana* var. *oaxacensis*, *A. marmorata*, *A. karwinskii*, *A. potatorum*, *A. angustifolia* y *A. convallis* (León et al., 2013). En Zimatlán, aunque hay pocos productores de mezcal, las especies que se utilizan son las siguientes: *A. karwinskii*, *A. potatorum*, *A. rhodacantha*, *A. americana* var. *americana* y mayormente se utiliza el *A. angustifolia*. En Villa Sola de Vega, se utilizan siete distintas especies de agave para la elaboración de mezcal, algunas de ellas son: *A. americana* var. *americana*, *A. americana* var. *oaxacensis*, *A. potatorum*, *A. rhodacantha*, sin embargo, *A. angustifolia* es la más cultivada (Martínez-Jiménez et al., 2019). En el estado de Oaxaca se encuentra la región del mezcal, constituida por siete distritos políticos: Tlacolula, Yautepec, Miahuatlán, Ejutla, Ocotlán, Zimatlán y Sola de Vega. Esta región es única y por sus características agroclimáticas favorece la producción de agave y mezcal (Bautista y Terán, 2008).

El mezcal es una bebida tradicional, se obtiene de los azúcares contenidos en el tallo de la planta, comúnmente conocido como "piña". Esta se cocina, se muele, se fermenta y posteriormente se destila. La cosecha de la "piña" se realiza cuando las plantas alcanzan su máximo peso y tamaño (Torres et al., 2013). Cada mezcal es único, por la especie de *Agave* del cual proviene y el proceso de elaboración, ninguna otra bebida espirituosa del mundo deriva sus sabores distintivos de tan amplia diversidad

natural y cultural. Se conceptualiza al mezcal como símbolo de identidad cultural con características y formas de consumo determinadas por el entorno y ligadas al origen (García-Barrón et al., 2017). El objetivo de esta investigación es analizar la superficie destinada a la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca y la producción nacional de mezcal, ante la demanda constante de mezcal y por lo tanto de materia prima.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Para recabar información relacionada a superficie destinada a la producción de *Agave* se revisó la base de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021). Para obtener información relacionada a la producción nacional de mezcal se analizó la base de datos reportados en el INFORME ESTADÍSTICO 2020 del Consejo Regulador del Mezcal (CRM, 2020). Los datos numéricos recabados se vaciaron en una hoja de cálculo Excel y se organizaron en tablas y figuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estado de Oaxaca se contaban con 8,806 ha destinadas a la producción de *Agave* en el año de 1982, posteriormente en 1987 la superficie incrementó a 11,050 ha y en el año de 1992 ya eran 13,879 ha destinadas a la producción de *Agave*, en el mismo año la superficie cosechada era de 3,760 ha. Es importante mencionar que entre los años 1992 – 1994 la superficie destinada a la producción y superficie cosechada se mantuvo constantes. En el año 2005 y 2006 la superficie destinada a la producción de *Agave* fue superior a 16,000 ha y la superficie cosechada fue superior a 3,000 ha. A partir del año 2007 se observó una reducción constante en la superficie destinada a la producción hasta llegar a 7,748 ha en el año 2015. En este mismo año se registró la menor superficie cosechada que fue de 1,199 ha, con una producción total de 72,704.67 ton. A partir del año 2016 se observó un incremento constante en la superficie sembrada hasta llegar a tener 10,839 ha en el año 2021 (SIAP, 2021).

Cuadro 1. Superficie sembrada y cosechada, rendimiento y producción total de *Agave* en el estado de Oaxaca entre los años de 1982 - 2021.

Año	Superficie (ha)		Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	Precio medio rural (\$/ton)	Valor producción (miles de pesos)
	Sembrada	Cosechada				
1982	8,806.00	3,383.00	74.83	253,150.00	3.00	759.45
1983	9,270.00	3,416.00	73.54	251,200.00	7.99	2007.09
1984	8,431.00	2,773.00	98.95	274,380.00	20.21	5545.49
1985	9,007.00	1,587.00	55.28	87,727.00	25.00	2193.18
1986	9,234.00	2,831.00	77.32	218,900.00	15.00	3283.50
1987	11,050.00	3,600.00	74.21	267,162.00	62.88	16799.15

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE AGAVE EN EL ...

1988	9,100.00	3,343.00	75.39	252,040.00	107.75	27158.07
1989	11,172.00	3,800.00	68.00	258,400.00	150.00	38760.00
1990	10,850.00	3,870.00	66.02	255,500.00	200.00	51100.00
1991	12,372.00	3,480.00	68.04	236,778.00	250.00	59194.50
1992	13,879.00	3,760.00	68.00	255,680.00	260.00	66476.80
1993	13,390.00	4,456.00	64.50	287,412.00	280.00	80475.36
1994	13,200.00	4,350.00	65.22	283,725.00	500.00	141862.50
1995	10,500.00	2,610.00	56.05	146,300.00	861.28	126005.26
1996	10,500.00	2,610.00	56.05	146,300.00	1500.00	219450.00
1997	12,100.00	3,260.00	56.84	185,300.00	1700.00	315010.00
1998	4,100.00	4,100.00	64.15	263,000.00	1200.00	315600.00
1999	3,580.00	3,220.00	67.45	217,200.00	1210.01	262813.20
2000	10,500.00	3,300.00	62.27	205,500.00	1252.55	257400.00
2001	9,100.00	3,600.00	61.50	221,400.00	3153.66	698220.00
2002	13,210.00	3,900.00	63.00	245,700.00	3256.41	800100.00
2003	6,800.00	4,700.00	63.85	300,100.00	3148.75	944940.00
2004	14,415.00	2,205.00	62.31	137,400.00	1200.00	164880.00
2005	16,043.00	3,068.00	61.94	190,030.00	1687.94	320759.00
2006	16,185.00	3,486.00	63.82	222,473.32	1278.50	284432.97
2007	15,405.50	3,634.00	63.01	228,996.00	1221.69	279761.80
2008	15,886.00	4,322.64	62.29	269,263.30	1363.01	367008.43
2009	15,442.00	4,970.00	61.72	306,742.00	1200.46	368231.64
2010	14,759.00	5,874.00	60.67	356,402.44	935.05	333253.48
2011	14,516.01	5,529.00	59.58	329,411.79	913.10	300786.66
2012	10,288.75	2,917.38	61.15	178,396.56	1163.81	207619.60
2013	9,187.29	2,127.82	62.20	132,352.28	1353.18	179096.51
2014	8,587.39	2,138.59	63.06	134,869.61	1900.85	256366.81
2015	7,748.26	1,199.00	60.64	72,704.67	2302.62	167411.34
2016	8,211.07	1,547.10	61.35	94,907.81	2479.89	235360.55
2017	8,077.73	1,390.72	61.86	86,031.39	2643.99	227466.10
2018	8,100.58	1,563.17	62.55	97,777.74	2730.73	267004.70
2019	9,843.22	2,326.72	64.21	149,404.21	3209.42	479500.89
2020	10,551.38	2,800.05	65.54	183,513.78	3558.42	653018.37
2021	10,839.57	2,765.57	63.61	175,912.64		

(SIAP, 2021)

En el año 2011 se reportó una producción de 980,375 litros de mezcal, con un incremento constante, de tal forma que en el año 2013 la producción de mezcal fue de 2,519,568 litros (CRM, 2021). La producción de mezcal en los años 2014 y 2015 fue de 1,451,718 y 2,419,175 inferior a la producción del 2013. A partir del año 2016 la producción de mezcal presentó un crecimiento constante, hasta llegar a una producción de 7,145,039 litros en el año 2019 (Fig. 1). Es importante mencionar que antes del año 2015 el envasado de mezcal para el mercado nacional e internacional eran muy similares y posterior al año 2016 el envasado para el mercado internacional mostró mayor crecimiento que el mercado nacional (Fig. 1) (CRM, 2021). La producción de mezcal y envasado para el mercado internacional muestran un crecimiento constante del 40 y 37 % respectivamente, de seguir con la misma tendencia de crecimiento, la demanda de materia prima también seguirá incrementando.

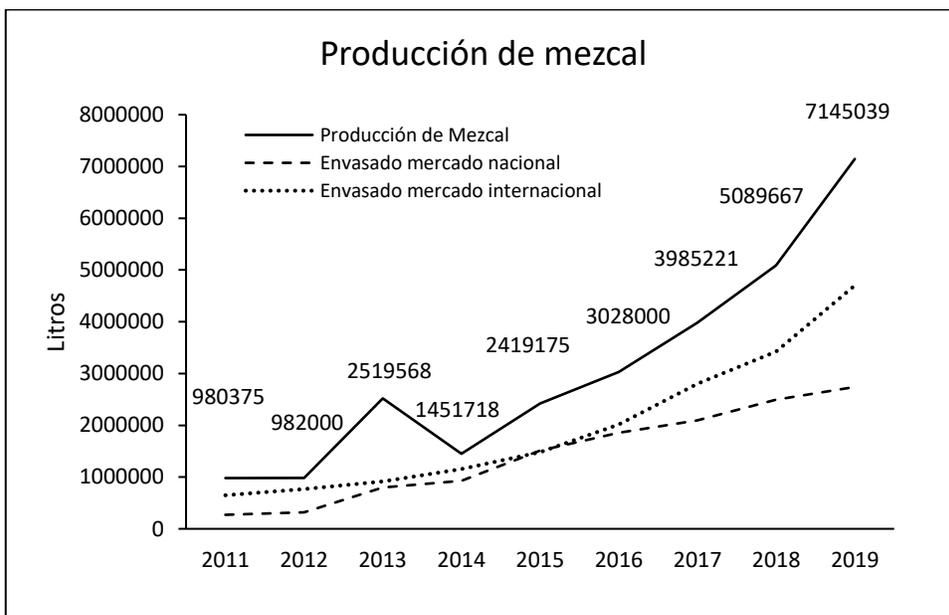


Fig. 1. Producción nacional de mezcal y envasado para mercado nacional e internacional.

En el año 2015 se reportaron 7,748 ha destinadas a la producción de *Agave* y a partir del 2016 se observó un crecimiento constante hasta el 2019, sin embargo, a pesar de la demanda constante de mezcal y por lo tanto de materia prima, no se observa un incremento significativo en la superficie destinada a la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca (CRM, 2020 y SIAP, 2021).

CONCLUSIONES

La producción de mezcal muestra un crecimiento constante, el cual, se ha visto impulsado por el mercado internacional, dichos crecimientos se encuentran alrededor del 40%. Lo anterior generará una mayor demanda de materia prima y por lo tanto una necesidad de incrementar la superficie destinada a la producción de *Agave*. Ante dicho escenario es importante seguir de cerca la producción de mezcal y la producción de *Agave*. Será importante incrementar la superficie sembrada para cubrir las necesidades de materia prima.

AGRADECIMIENTOS

Productores integrantes del PRODETER Ejutla, Oaxaca.

BIBLIOGRAFÍA

- Bautista, J.A. y Terán, M. (2008). Estrategias de producción y mercadotecnia del mezcal en Oaxaca. El Cotidiano. 23(148):113-122. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/ElCotidiano/2008/no148/10.pdf>.
- Bautista, J.A. y Smit, M.A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 3(1):5-20. DOI:10.29312/remexca.v3i1.1477.
- Colunga-García .M.P.; Zizumbo, V.D. y Martínez, T.J. (2007). Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a su protección legal y conservación biológica y cultural. En: en lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. Colunga, G.M.P., Larqué, S.A., Eguiarte, L.E., Zizumbo, V.D., (Eds.). CICY-CONACYT-CONABIO-INE. México. 229-248 pp. DOI:10.13140 / RG.2.1.5192.1441.
- [CRM. \(2020\). Consejo Regulador del Mezcal. INFORME ESTADÍSTICO 2020.](#)
- Cuevas, R.V.; Sánchez, T.B.I.; Borja, B.M.; Espejel, G.A.; Sosa, M.M.; Barrera, R.A.I. y Saavedra, G.M.J. (2019). Caracterización de la producción de maguey en el Distrito de Miahuatlán, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10(2):365-377. DOI:10.29312/remexca.v10i2.1632.
- García-Barrón E.; Hernández J.; Gutiérrez-Salomón A.L.; Escalona-Buendía H.B. y Villanueva-Rodríguez S. (2017). Mezcal y Tequila: análisis conceptual de dos bebidas típicas de México. Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad. 4(12):138-162. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=469552915009>.
- García-Mendoza, A.J. (2010). Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. Acta Botánica Mexicana. 91:71-93. DOI:10.21829/abm91.2010.292.
- García-Mendoza, A.J. (2018). Mapa de Agave: Mezcales y biodiversidad. Boletín UNAM-DGCS-045. Ciudad Universitaria. Disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_045.html.
- León, V.N.I.; Campos, Á.G.V.; Enríquez-del Valle, J.R.; Velasco, V.V.A.; Marini, Z.F. y Rodríguez, O.G. (2013). Diversidad de especies de *Agave* en San Miguel Tilquiapam, Ocotlán, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6:1185-1195. DOI:10.29312/remexca.v0i6.1282.
- Martínez, J.R.; Ruiz-Vega, J.; Caballero, C.M.; Silva, R.M.E. y Montes, B.J.L. (2019). Agaves silvestres y cultivados empleados en la elaboración de mezcal en sola de vega, Oaxaca, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 22:477-485. Disponible en: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2750>
- Pérez. C. (2007). Mezcales tradicionales de los pueblos de México, herencia cultural y biodiversidad. Ciencias. 87:54-60. Disponible en:
- Rev. Cienc. Agron. Apl. Biotecnol.*, 2(2022):82-88.

<https://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/87/05/mezcales%20tradicionales.pdf>.

- Torres, I.; Casas, A.; Delgado-Lemus, A. y Rangel-Landa, S. (2013). Aprovechamiento, demografía y establecimiento de *Agave potatorum* en el Valle de Tehuacán, México: Aportes ecológicos y etnobiológicos para su manejo sustentable. *Zonas Áridas*. 15(1):92-109. [DOI:10.21704/za.v15i1.110](https://doi.org/10.21704/za.v15i1.110).
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

IMÁGENES DIGITALES COMO HERRAMIENTA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE PIMIENTO MORRÓN

Juárez-Pelcastre Jonathan¹, Baylón-Palomino Adolfo¹, Mounzer Oussama¹ y Lara-Viveros Francisco M.^{1*}

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Biociencias y Agrotecnología, Saltillo, Coah. C.P. 25253. *Autor de Correspondencia: francisco.lara@ciqa.edu.mx

RESUMEN

Los avances tecnológicos y las tecnologías digitales aplicadas a la agricultura de precisión, proveen constantemente de nuevas herramientas que permiten una mejor utilización de los recursos agrícolas y, por tanto, un mejor manejo del cultivo. Entre estas herramientas se encuentran las imágenes digitales y los programas para su análisis. Sin embargo, estas herramientas, su aplicación e interpretación suelen representar una inversión costosa para los medianos y pequeños agricultores. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue diseñar un modelo de estimación del porcentaje de Cobertura Foliar y del crecimiento de plantas de pimiento morrón a partir de imágenes digitales. Para ello se adquirieron imágenes en una serie constante de tiempo y sus variables de crecimiento *in situ* y mediante el software de código libre R® y la librería EImage, se extrajeron y analizaron sus características morfológicas. Los resultados muestran que el modelo generado a partir de los datos adquiridos presenta altos valores de precisión y confiabilidad en el cálculo del Porcentaje de Cobertura Foliar y del crecimiento. Por lo tanto, el uso de imágenes digitales como herramienta en el monitoreo del crecimiento del cultivo de pimiento resultan ser prácticas, precisas, de fácil adquisición y no destructivas.

Palabras clave: *Imágenes digitales, Modelo de estimación, Porcentaje de cobertura foliar.*

ABSTRACT

Technological advances and digital technologies applied to precision agriculture constantly provide new tools that allow better use of agricultural resources and, therefore, better crop management. These tools include digital images and programs for their analysis. However, these tools, their application and interpretation often represent a costly investment for medium and small farmers. Therefore, the objective of this work was to design a model for estimating the Percentage of Leaf Cover and the growth of bell pepper plants from digital images. For this, images were acquired in a constant time series and their growth variables *in situ*, and their morphological characteristics were extracted and analyzed using the free R® software and the EImage library. The results show that the model generated from the acquired data presents high precision and reliability values in the calculation of the Leaf Cover Percentage and growth. Therefore, the use of digital images as a tool in pepper crop growth monitoring turns out to be practical, accurate, easy to acquire, and non-destructive.

Key words: *Digital images, Estimation model, Percentage of leaf cover.*

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las tecnologías digitales aplicadas a la agricultura tienen un gran auge, porque permiten realizar una mejor utilización de los recursos agrícolas como: el riego, la aplicación de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, e incluso la cosecha (Al-Kodmany, 2020). En este sentido, el avance tecnológico nos provee constantemente de nuevas herramientas, como es el caso de las imágenes digitales y programas para su análisis, con lo cual es posible crear nuevo conocimiento, permitiéndonos realizar evaluaciones de manera no destructiva y objetiva (Padrón-Pereira, 2016). Sin embargo, la adquisición de estas herramientas tecnológicas, implica una costosa inversión, sin mencionar, la falta de conocimiento para su aplicación (Al-Kodmany, 2020).

Esto hace evidente el amplio potencial de la información que se obtiene a partir de una imagen, lo cual, convierte a cualquier repositorio de imágenes en una base de datos útiles para contextualizar y predecir con técnicas analíticas escenarios futuros (Taquía, 2017). Por otro lado, la dinámica del crecimiento de las plantas es una variable de utilidad en la predicción de escenarios futuros que permitan tomar decisiones relacionadas con el manejo de los cultivos (Falster *et al.*, 2018; Padrón-Pereira, 2016). Entonces, el cálculo de la cobertura foliar mediante imágenes digitales toma mucha importancia en la agricultura de precisión, ya que nos permite conocer directamente el crecimiento del cultivo, sin la necesidad de usar métodos destructivos (Marcial Pablo *et al.*, 2017).

Por lo anterior, el desarrollo de algoritmos para el procesamiento de imágenes ha tomado mayor importancia en el ámbito científico, en especial en el campo de la inteligencia artificial, que muestra una visión a la automatización de procesos (Taquía, 2017). Estos algoritmos convierten a las imágenes en el núcleo de la descripción de la realidad y por ende, la obtención de información cuantitativa y cualitativa (Padrón-Pereira, 2016; Taquía, 2017). Por lo tanto, el objetivo de este estudio es diseñar un algoritmo que permita estimar mediante imágenes digitales el porcentaje de cobertura foliar (PCF) y su crecimiento en plantas de pimiento morrón, demostrando la utilidad y el impacto que genera el uso de imágenes digitales en el monitoreo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio y establecimiento del área de estudio

El área de estudio se estableció en un invernadero de baja tecnología adjunto al Departamento de Biociencias y Agrotecnología del Centro de Investigación en Química aplicada, ubicado en el Bioparque "Las Encinas", situado en el km 33 de la antigua carretera Saltillo-Monclova, ejido de San Antonio de Encinas, Ramos Arizpe, Coahuila (Coordenadas GPS: 25° 39' 05.38" N; 101° 06' 50.02" O) en los meses de marzo a julio del presente año. Se estableció una plantación de pimiento morrón (verde, de crecimiento determinado) de la variedad SV1675PB (Seminis®), en camas de 90cm a doble hilera con una separación de 30cm y 35cm entre plantas, la nutrición fue con base a la solución de referencia de Hogland (Favela Chavez *et al.*, 2006), el riego se monitoreo mediante tensiómetros manteniendo el

suelo entre “Capacidad de campo” y “Agua fácilmente disponible”, sin poda de formación (crecimiento de forma arbustiva) y tutores horizontales.

Obtención de imágenes

Para el presente trabajo se utilizaron cinco plantas de la misma edad, zona y morfología, de las cuales semanalmente se obtuvo la altura utilizando una cinta métrica, además se tomó una fotografía enfocando la planta al centro y colocando la cámara a una altura inicial de 40 cm con respecto del suelo, la cual fue incrementando hasta los 120 cm conforme crecía la planta; en las fotografías no se utilizó zoom o efecto de imagen, y con respecto a la distancia focal, esta fue variada dándole prioridad a capturar la totalidad el follaje. La cámara utilizada fue una Sony® “Cyber-short Exmor-R” de 20.4 megapíxeles, la resolución de captura utilizada fue de 15 megapíxeles.

Procesamiento de imágenes

El procesamiento de las imágenes se realizó con el programa de análisis de datos R®, los datos obtenidos se agruparon en una serie por tiempo correspondiente a su obtención, iniciando el 24 de marzo y finalizando el 18 de junio del presente año, tal y como se puede observar en la (Figura 1-a) se inicia con la reducción de las distorsiones visuales como lo son las correcciones de color.



Fig. 1.- Procesamiento de imágenes para obtención de datos de forma y tamaño; **a)** reducción de distorsiones visuales, **b)** segmentación de plantas y **c)** reconstrucción de la imagen.

Posteriormente se realizó la segmentación de las imágenes mediante la librería EImage (Pau *et al.*, 2010), facilitando la discriminación de los objetos no deseados de la imagen (Figura 1-b). Segmentada la imagen se procede a la reconstrucción de la misma seguido de la computación las características de forma y tamaño de la imagen final que corresponde únicamente a la planta (Figura 1-c), con esta información se determinó la cantidad de píxeles por planta.

Para el caso del PCF, fue necesario calcular un modelo de calibración, dicho modelo consta de una serie de fotografías a un objeto de área conocida, tomadas a diferentes distancias, con lo anterior fue posible determinar el número de píxeles correspondientes a 1cm², con lo cual podemos estimar el PCF en cada imagen. Finalmente, se procedió a calcular un modelo para estimar el crecimiento (altura), para el cual se utilizó como variable de entrada la media del PCF. El ajuste del modelo se realizó utilizando como criterio el coeficiente de determinación.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Modelos de estimación de la PCF y altura

La estimación del número de píxeles por cm^2 a una distancia determinada entre el lente y el follaje se realizó mediante el siguiente modelo.

$$\frac{\text{Pix}}{\text{cm}^2} = \text{DistObj}x + \text{DistObj}x^2 + \text{DistObj}x^3$$

donde:

Pix/ cm^2 : Cantidad de píxeles por centímetro cuadrado.

DistObjx: Distancia en cm del suelo al lente de la cámara.

El modelo anterior mostró un alto coeficiente de determinación ($r^2 = 0.9703$) y una baja probabilidad de error (p-value: 0.0218), tal y como se puede observar en la siguiente (Figura 2).

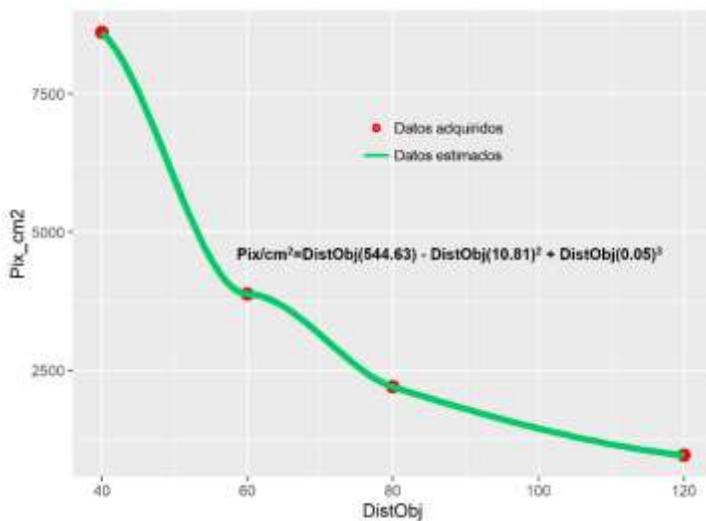


Fig. 2. Modelo de estimación de píxeles/ cm^2

Para el caso de la altura, el modelo utilizado fue el siguiente.

$$\text{Med}_h = \text{Med}_{AF}x + \text{Med}_{AF}x^2 + \text{Med}_{AF}x^3$$

donde:

Med_h: Altura media.

Med_AFx: Media del PCF.

Este modelo también mostró un alto coeficiente de determinación ($r^2 = 0.9833$) y una baja probabilidad de error (p-value: 0.000519); tal y como se puede observar en la (Figura 3).

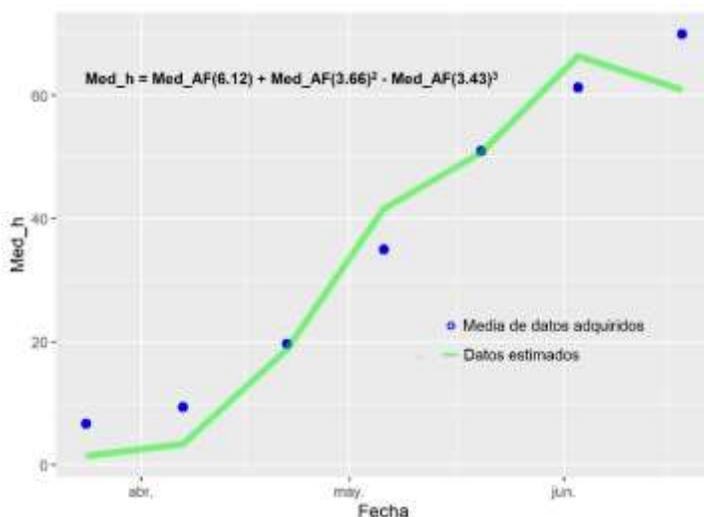


Fig. 3. Estimación de la altura de plantas de pimienta.

Estimación de la altura y PCF

Los modelos para estimar la altura a partir del PCF mostraron altos valores de precisión y confiabilidad. Algunos autores (Zhang et al., 2019) muestran que la relación entre el follaje de una planta y el área de suelo que ocupa, son un parámetro estructural importante en la tasa de fotosíntesis y del crecimiento. En el presente trabajo se muestran modelos que permitieron seguir fenómenos relacionados con el crecimiento, mediante métodos no destructivos, lo cual coinciden con lo reportado por Rueda-Ayala et al., (2019) quienes mencionan la importancia del modelado de imágenes digitales en la estimación de la biomasa y la calidad del cultivo, mostrando que estos métodos no destructivos pueden proporcionar un apoyo muy valioso para la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que fue posible estimar el crecimiento (altura) a partir del PCF mediante imágenes digitales lo cual representa como un método no destructivo para la medición de esta variable. Las métricas de los modelos mostraron valores de precisión y confiabilidad altos. El uso de imágenes digitales como herramienta en el monitoreo del cultivo de pimienta morrón es una herramienta que puede facilitar el trabajo y la toma de decisiones, mediante la adquisición de datos que no impliquen la destrucción de la muestra.

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento al Dr Francisco quien me ha brindado su apoyo, su conocimiento y experiencia; bases que me han permitido la elaboración del presente trabajo, el cual forma parte de mi proyecto de tesis en la MC en Agroplasticultura. Agradezco al MC Adolfo por su apoyo en el establecimiento y manejo del cultivo, y por último, al Departamento de Biociencias y Agrotecnología (CIQA) por brindar el espacio y recursos para su ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Kodmany, K. (2020). The Vertical Farm: Exploring Applications for Peri-urban Areas. *Modeling and Optimization in Science and Technologies* (Vol. 17). https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_11
- Falster, D. S., Duursma, R. A., y FitzJohn, R. G. (2018). How functional traits influence plant growth and shade tolerance across the life cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(29), E6789-E6798. <https://doi.org/10.1073/pnas.1714044115>
- Favela Chavez, E., Preciado Rangel, P., y Benavides Mendoza, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Recuperado a partir de <https://www.researchgate.net/publication/305280176>
- Marcial Pablo, M. de J., Ojeda Bustamante, W., González Sánchez, A., y Jiménez Jiménez, S. I. (2017). ESTIMACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL USANDO IMÁGENES RGB OBTENIDAS DESDE UN DRON. *Comeii-17040*, 485(July), 1-11.
- Padrón-Pereira. (2016). *Procesamiento digital de imágenes* (Primera ed).
- Pau, G., Fuchs, F., Sklyar, O., Boutros, M., y Huber, W. (2010). EImage-an R package for image processing with applications to cellular phenotypes. *Bioinformatics*, 26(7), 979-981. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq046>
- Rueda-Ayala, V. P., Peña, J. M., Höglind, M., Bengochea-Guevara, J. M., y Andújar, D. (2019). Comparing UAV-based technologies and RGB-D reconstruction methods for plant height and biomass monitoring on grass ley. *Sensors (Switzerland)*, 19(3), 1-17. <https://doi.org/10.3390/s19030535>
- Taquía, J. A. (2017). art | El procesamiento de imágenes y su potencial aplicación en empresas con estrategia digital. *Interfases*, 11-30. Recuperado a partir de <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/5416>
- Zhang, D., Liu, J., Ni, W., Sun, G., Zhang, Z., Liu, Q., y Wang, Q. (2019). Estimation of Forest Leaf Area Index Using Height and Canopy Cover Information Extracted From Unmanned Aerial Vehicle Stereo Imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(2), 471-481. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2891519>

MANEJO BIORRACIONAL DE TRIPS (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) EN LIMÓN MEXICANO

Miranda-Salcedo Mario Alberto^{1*}, López-Arroyo José Isabel², Perales-Segovia Catarino³, Hurtado-Crisóstomo Sara¹, Miranda-Ramírez José Mario⁴, González-Gaona Ernesto⁵ y Esperanza Loera Alvarado⁶

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP, Km 17 carretera Apatzingán-Cuatro Caminos, C.P. 60781. *Autor de correspondencia: miranda.marioalberto@inifap.gob.mx

²Campo Experimental General Terán Km 31 Carretera Montemorelos-China C.P. 67400.

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes Km 18 carretera Ags-S.L.P., C.P. 20330.

⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán, carretera Apatzingán-Aguililla km 3.5 C.P. 60710.

⁵Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes Carr. Aguascalientes-Zacatecas km 32.5 Pabellón de Arteaga C.P. 20678.

⁶CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

RESUMEN

El complejo de especies de trips que ataca a los cítricos, es la plaga mas importante por los daños que ocasiona en la producción y calidad del fruto (rayado de la fruta). Para su control se utilizan principalmente insecticidas, que han ocasionado su resistencia a varios productos. Por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar nuevas moléculas de baja toxicidad. El bioensayo se realizó en junio del 2021 en una huerta de limón mexicano con espinas de tres años. Los productos que controlaron significativamente mejor a los trips después de los ocho días fueron el Spirotetramat®. El Silicio y las Sales Potásicas. Después de los 21 y 29 días de aplicados los productos todos los tratamientos fueron significativamente diferentes al testigo. Existe un amplio gremio de enemigos naturales que atacan al complejo de trips como: *C. rufilabris*, *C. cincta*, *Stethorus sp.*, *Leptotrips sp.* fitoseidos *Orius sp.* y diferentes especies de arañas.

Palabras clave: *Insecticidas, trips, cítricos, enemigos naturales.*

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de aplicaciones químicas para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae); vector del Huanglongbing (HLB) la enfermedad más importante de los cítricos a nivel mundial (Bové, 2006; Stansly, 2012), propició la resurgencia de plagas secundarias como los trips, que ha afectado a todas las zonas cítricas del país (Miranda-Salcedo *et al.*, 2019, 2020). Esta plaga afecta además de los cítricos a diferentes cultivos: mango, aguacate, berries y hortalizas (Hoddle, 1999;

Recibido: 05 oct 2021

Aceptado: 18 nov 2021

Johansen y Guzmán, 1998; Miranda-Salcedo *et al.*, 2019). La especie *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895 (Thysanoptera: Thripidae) es la más importante por los daños directos e indirectos que causa actualmente a los cítricos del valle de Apatzingán (Miranda-Salcedo *et al.*, 2019, 2020, 2021). Los trips son muy difíciles de controlar, debido a su compleja biología y amplio rango de hospederos (Mound, 1997). Sin embargo, para su control se usan productos de amplio espectro como organofosforados, piretroides, neonicotinoides y mezclas (Kay y Herron, 2010; Miranda *et al.*, 2020) lo cual ha propiciado la eliminación de sus enemigos naturales y la selección de resistencia a una variedad de insecticidas de diferentes grupos toxicológicos (Desneux *et al.*, 2007). Por tal motivo el objetivo de este estudio fue evaluar algunos insecticidas biorracionales sobre trips y determinar su impacto en los enemigos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba de efectividad biológica se realizó en una huerta de limón mexicano de tres años de edad la cual se encuentra en las instalaciones del Campo Experimental del Valle de Apatzingan 102° 13' 54'' Longitud Oeste, 19° 00' 51'' Latitud Norte, 368 msnm de altitud y un clima BS1 cálido semi seco. El estudio inició el 9 de junio del año en curso y los muestreos se prolongaron hasta los 44 días después de la aplicación. Se evaluaron los siguientes productos y dosis: 1) Flupyrafurone® (1.56 ml/l de agua); 2) Pyriproxifen® (1 ml/l de agua); 3) Pimetrozine® (1.5 ml/l de agua); 4) Flonicamid® (0.6 ml/l de agua); 5) Buprofezin® (4 ml/l de agua); 6) Tolfenpyrad® (2 ml/l agua); 7) Fenpiroximate (3 ml/l de agua); 8) Spirotetramat® (1ml/l agua); 9) Ciantraniliprole® (0.8 ml/l agua); 10) Clorraniliprole® (0.2 ml/l agua); 11) Extracto de Nim® mas aceite (4 ml más 6 ml aceite / l de agua); 12) Extracto de nim mas diatomeas (4 ml más 6 gr diatomeas/ l agua); 13) Silicio® (6 gr/l agua); 14) Caolín® (20 gr/l agua); 15) Serifel® *Bacillus amyloliquefaciens* (5 gr/l agua); 16) Sales potásicas® (6 gr/l agua) y Testigo absoluto® (agua). Cada tratamiento constó de diez réplicas (cada árbol era una repetición) y se aplicó un litro del producto por árbol con mochila motorizadas. Para cuantificar los especímenes se usó la técnica del golpeteo, la cual consistía en seleccionar una rama a una altura de 1.5 m, con un palo se daban tres golpes y los especímenes se cuantificaban en una tabla de color azul marino de 38x21 cm. Además, del muestreo de un brote por árbol para cuantificar adultos y ninfas. Las variables de respuesta fueron: el número de trips, el número de crisopas, el número de coccinélidos, el número de fitoseidos, el número de antocoridos y el número de arañas por unidad de muestreo. Posteriormente, las muestras se colectaron y se guarda en recipientes con alcohol al 70 %, para su determinación con claves taxonómicas. Se realizó un muestreo previo a la aplicación y a los 2, 8, 15, 20, 28, 35 y 44 días después de la aplicación. Se usó un diseño experimental completamente al azar y se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad a los datos, posteriormente se efectuó el ANOVA con la ayuda del programa estadístico SAS, la prueba de comparación de media utilizada fue la de Duncan ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán favorecen la presencia durante todo el año de *F. occidentalis*, lo cual dificulta su manejo, sí solamente se sustenta en la aplicación de productos químicos (Figura 1). Los mayores picos poblacionales se presentan en noviembre y mayo (una vez que se retiran las lluvias), durante este periodo las huertas que presentan floración y frutos pequeños (menores de 4 cm de diámetro), son altamente susceptibles al ataque de esta plaga, su umbral económico es a partir de 7 adultos por unidad de muestreo (lámina de 38 x 21 cm) (Miranda-Salcedo 2019). Al ser una plaga con un ciclo de vida muy corto (alrededor de quince días), con reproducción sexual y asexual, polífaga, de hábitos crípticos, ya que vive entre los sépalos de la flor y como prepupa y pupa en el suelo (Mound, 1997). Por lo tanto, las aplicaciones con productos de amplio impacto no son efectivas, y afectan más a sus enemigos que a la plaga (Miranda-Salcedo, 2019). Una mejor alternativa es el uso de insecticidas biorracionales, porque controlan a la plaga en un rango del 40 % y afectan menos a sus enemigos naturales. (Cuadro 1).

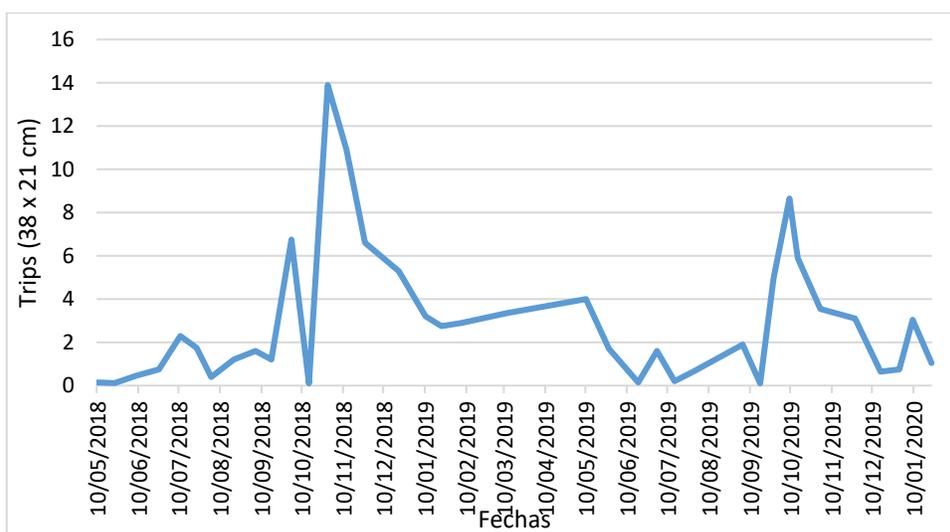


Fig. 1. Fluctuación poblacional de *Frankliniella occidentalis* en limón mexicano (CEVA 2020).

En este estudio se observó que después de los 8 días de aplicado el producto, los mejores tratamientos significativamente diferentes al resto de tratamientos fueron: el Spirotetramat, las Sales Potásicas y el Silicio. En general las densidades poblacionales fueron bajas, tomando en consideración que el umbral económico es de 7 trips por unidad de muestreo (Miranda *et al.*, 2019, 2020). A los quince días post aplicación no se presentaron diferencias significativas, en contraste a los 20 y 29 días después de la aplicación todos los tratamientos fueron significativamente diferentes respecto al testigo (Cuadro 1). Finalmente, la interacción ambiente (temperatura, humedad relativa y precipitación), presencia de enemigos naturales y la aplicación de un producto biorracional o de bajo impacto, controlan a los trips durante el periodo de lluvias (junio a noviembre) y la fruta no presenta daño. Sin embargo, el efectuar aplicaciones con producto de amplio espectro como el dimetoato, clorpirifos y cipermetrinas afecta la presencia de enemigos naturales y en consecuencia el porcentaje de frutos dañados (rayados) es del

60 al 100% (Miranda *et al.*, 2019, 2020). En un estudio previo, donde se evaluó el Spirotetramat® y otros productos no incluidos en este bioensayo, fue el mejor producto evaluado en el control de trips pero afecta la presencia de crisópidos por 28 días después de la aplicación (Miranda *et al.*, 2020). Es importante recalcar que la interacción de los enemigos naturales, el ambiente (humedad relativa y precipitación), el manejo del productor y el muestreo, inciden en la toma de decisiones. Un punto a considerar es que la mayoría de los productores aplican por calendario y no tienen datos del muestreo y del umbral económico de la plaga (7 trips por unidad de muestreo tabla 38 x 21 cm), lo que ocasiona un exceso de aplicaciones químicas (Miranda-Salcedo, 2019; Miranda *et al.*, 2020). El reducir una aplicación química en las 75,000 ha de cítricos del Valle de Apatzingán, representa un ahorro de 35 millones de pesos y si se extrapola a las 40 aplicaciones que se realizan en promedio al año, el costo sería de 1,400 millones de pesos, con los daños ecológicos y de salud humana que esto implica.

Cuadro 1. Control de trips en limón mexicano con productos biorracionales. (Duncan 0.05).

TRATAMIENTO	Previo F16,153 P<0.1733	8 días F16,153 P<0.0425	15 días F16,153 P<0.2684	20 días F16,153 P<0.0001	29 días F16,153 P<0.0070
1) Flupyradifurone	4.9 a	1.0 ab	0.6 a	0.0 b	0.0 b
2) Pyriproxifen	1.7 ab	0.2 bc	0.1 a	0.0 b	0.0 b
3) Pimetrozine	1.6 bc	0.9 abc	0.2 a	0.0 b	0.0 b
4) Flonicamid	1.5 bc	0.9 abc	0.0 a	0.0 b	0.2 b
5) Buprofezin	0.8 c	2.1 a	0.6 a	0.0 b	0.0 b
6) Tolfenpyrad	0.2 c	0.6 abc	0.2 a	0.2 b	0.3 ab
7) Fenpiroximate	0.6 c	0.8 abc	0.1 a	0.0 b	0.1 b
8) Spirotetramat	4.5 ab	0.1 c	0.2 a	0.0 b	0.0 b
9) Ciantraniliprole	0.8 c	0.4 bc	0.1 a	0.0 b	0.1 b
10) Clorantranill	0.3 c	0.9 abc	0.0 a	0.2 b	0.0 b
11) Nim - Aceite	1.5 bc	0.2 bc	0.0 a	0.0 b	0.0 b
12) Nim- Diatom	1.7 bc	1.8 ab	0.5 a	0.3 b	0.0 b
13) Silicio	0.4 c	0.0 c	0.0 a	0.2 b	0.0 b
14)) Caolín	0.2 c	0.6 abc	0.4 a	0.3 b	0.0 b
15) Serifel®	0.5 c	0.5 bc	0.0 a	0.4 b	0.1 b
16) Sales Potásicas	0.4 c	0.1 c	0.0 a	0.2 b	0.4 ab
17) Testigo	0.3 c	1.8 ab	0.0 a	2.0 a	0.6 a

*Los datos corresponden al número de adultos por unidad de muestreo, las letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Varios de los insecticidas evaluados son una alternativa para el control de trips, que actualmente presenta resistencia a insecticidas convencionales, además de que afectan menos a los enemigos naturales. Por ejemplo, el Spirotetramat® impacta de manera significativamente en la presencia del enemigo más abundante, que fueron las crisopas, por lo cual algunos productos como las Sales Potasicas y el silicio tuvieron un buen control a esta densidad de la plaga, ya que pueden ser compatibles con enemigos naturales, bajo un programa de control biológico por conservación. Si en las huertas promovemos el uso de arvenses representan un reservorio de muchos enemigos naturales, los cuales los podemos atraer con el uso de semioquímicos como melaza, piloncillo y leche con azúcar (Miranda-Salcedo, 2019). Los productos mencionados son accesibles al productor y su costo varía entre los 75 y 150 pesos el litro. La tecnología generada puede ser implementada a escala regional en 75,000 ha de cítricos en Michoacán y beneficiar a los productores de Limón Mexicano, Limón Persa y Toronja del Valle de Apatzingán y beneficiar a los organismos auxiliares como las Juntas Locales de Sanidad Vegetal y el CESA VEMICH en el desarrollo de la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos.

CONCLUSIONES

Las principales especies de trips asociadas al Limón Mexicano en el Valle de Apatzingán son: *F. occidentalis*, *F. insularis*, *S. persae* y *Leptotrips* sp.

Existe un amplio gremio de enemigos naturales que atacan al complejo de trips como: *C. rufilabris*, *C. cincta*, *Stethorus* sp., *Leptotrips* sp. fitoseidos *Orius* sp. y diferentes especies de arañas. Los depredadores más abundantes fueron las crisopas *C. rufilabris* y *C. cincta*.

Los productos que controlaron significativamente mejor a los trips después de los ocho días fueron el Spirotetramat®. El Silicio y las Sales Potasicas. Después de los 21 y 29 días de aplicado los productos todos los tratamientos fueron mejores significativamente diferentes al testigo.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones aquí reportadas fueron financiadas a través de los proyectos “Evaluación de insecticidas para el manejo del psílido asiático de los cítricos y desarrollo de una metodología para determinar efectividad” y “Manejo biorracional de trips en limón mexicano en Michoacán”.

BIBLIOGRAFÍA

- Bové J.M. (2006). Invited review. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88 (1), 7-37.
- Desneux, N., Decourtye, A. and J. M. Delpuech. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review Entomology*, 52: 81-106.
- Hoddle, M. S. 1999. The biology and management of the avocado thrips, *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae). www.biocontrol.ucr.edu/avocadothrips.html.

- Kay, I. R. and Herron G. A. (2010). Evaluation of existing and new insecticides including spirotetramat and pyridalyl to control *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on peppers in Queensland. *Australian Journal of Entomology*, 49: 175-181.
- Johansen, R. M., Guzmán A. G. (1998). The genus *Scirrtotothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericotripini) in Mexico. *Fol. Entomol. Mex.* 104: 23-108.
- Miranda-Salcedo, M.A. (2019). Manejo agroecológico de plagas de los cítricos en el valle de Apatzingán. Memoria XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Veracruz. 37-49 pp.
- Miranda-Salcedo, M.A., Loera-Alvarado E. y Cortez-Mondaca, E. (2019). Interacción de trips (Thysanoptera: Thripidae) y sus enemigos naturales en limón mexicano, en Michoacán. Memoria XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Veracruz, Ver. 71-75 pp.
- Miranda-Salcedo, M. A., C. Perales-Segovia, E. Costes-Mondaca, E. Loera-Alvarado y J.M. Miranda-Ramírez. (2020). Manejo Agroecológico de *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) en limón mexicano en Michoacán. *Entomología Mexicana* 183-188 p.
- Mound, L. A. (1997). Biological Diversity, pp. 1997-256. *In: T. Lewis (ed). Trips as crop pests.* CAB International, Londres, 740 p.
- Stansly, P. (2012). Biology and management of Asian citrus psyllid and HLB in Florida. IV Simposio Nacional y III Internacional de Bacterias Fitopatógenas. Guadalajara. Jalisco. México.

EVALUACIÓN *ex situ* DE SEIS CHILES NATIVOS DE OAXACA EN INVERNADERO

Sanjuan-Martínez Jair¹, Ortiz-Hernández Yolanda Donají^{1*}, Aquino-Bolaños Teodulfo¹, Cruz-Izquierdo Serafín², Pérez-Pacheco Rafael¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca). Santa Cruz Xoxocotlán, 71230, Oaxaca, México. *Autor de correspondencia: yortiz@ipn.mx

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Recursos Genéticos y Productividad, Montecillo, 56230, Estado de México, México.

RESUMEN

Oaxaca tiene amplia diversidad de chiles de gran importancia cultural y culinaria, además de ser fuente de ingresos para las familias rurales. Sin embargo, la información agronómica para la selección de materiales es escasa. El objetivo de este estudio fue comparar 11 variables agronómicas en seis morfotipos de chiles nativos de Oaxaca: chile de Agua, Coxle, Pasilla Mixe, Tabiche, Huacle amarillo y negro, todos cultivados *ex situ* en invernadero tipo túnel y con hidroponía. Se emplearon 20 plantas por morfotipo, bajo un diseño completamente al azar. Las medias de las variables fueron comparadas usando la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). En los morfotipos de chile, la altura de planta fluctuó de 75.9 a 125.6 cm, el diámetro del tallo de 0.7 a 1.3 cm y el número de semillas por fruto de 83 a 184. En el chile Huacle negro se registró el mayor peso de mil semillas (8.74 g). El chile Tabiche presentó el mayor número de frutos (34/planta) y el chile de Agua el menor número de frutos por planta (9), esto no implicó que hubiera diferencias significativas en el rendimiento por planta y en el índice de productividad de agua. Estos parámetros pueden ser útiles para la selección de materiales, y para planes de conservación y mejoramiento genético.

Palabras claves: *Capsicum*, hidroponía, morfotipo

ABSTRACT

Oaxaca has a wide diversity of chili peppers, of great cultural and culinary importance as well as being a source of income for rural families; however, agronomic information for the selection of materials is scarce. The objective of this study was to compare 11 agronomic variables in six morphotypes of native chili peppers from Oaxaca: chili de Agua, Coxle, Pasilla Mixe, Tabiche, Huacle Amarillo and Negro, cultivated *ex situ* in a tunnel-type greenhouse and with hydroponics. Twenty plants per morphotype were used under a completely randomized design. The means of the variables were compared using Tukey's test ($\alpha=0.05$). In the chili morphotypes, plant height ranged from 75.9 to 125.6 cm, stem diameter ranged from 0.7 to 1.3 cm, the number of seeds per fruit ranged from 83 to 184, and the black huacle chile had the highest thousand-seed weight (8.74 g). Tabiche chili presented the highest number of fruits

Recibido: 09 sep 2021

Aceptado: 12 may 2022

(34/plant); on the other hand, Agua chili produced 9 fruits per plant, which did not imply that there were significant differences in yield per plant and the water productivity index. These parameters can be useful for the selection of materials, and for conservation and genetic improvement plans.

Key words: *Capsicum*, *hydroponic*, *morphotypes*

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones y datos genéticos sugieren que el *C. annuum* fue domesticado en México procedente del chile piquín, chile chiltepín, chiltepec (Russo, 2012; Lira *et al.*, 2016) y presenta amplia diversidad en tamaño, forma, coloración y componentes químicos los cuales, son utilizados ampliamente como: alimentos, ingrediente en medicamentos, cosméticos, en arreglos ornamentales y rituales ceremoniales (Bosland y Votava, 2012; Charles, 2013; Lim, 2013)

Al respecto, Oaxaca es el estado con mayor diversidad de chiles nativos en México entre los cuales están: el chile de Agua, Pasilla oaxaqueño o Mixe, Coxle, Tabiche, Huacle negro y Huacle amarillo (Vera-Sánchez *et al.*, 2016; Sanjuan-Martínez *et al.*, 2020), todos de gran valor cultural, social y económico. Su comercialización puede ser en fresco y/o seco (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). A pesar de la gran diversidad de chiles nativos del estado de Oaxaca, en las estadísticas de producción de chiles reportadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021) solo están considerados el chile de Agua y Pasilla Mixe, dejando fuera al resto debido a la baja superficie sembrada y baja producción. Por otra parte, las características agronómicas como altura y diámetro de planta, largo, ancho, color y forma de fruto, tamaño, forma, peso y color de semillas permiten reconocer la variación presente en un cultivo en campo (IPGRI, 1995), identificando características que pueden ser de interés para la selección en planes de mejoramiento genético (Leyva *et al.*, 2018).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue comparar 11 parámetros agronómicos: la altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por planta, materia seca, rendimiento, índice de productividad de agua, número de semillas por fruto, largo, ancho área y peso de mil semillas de seis morfotipos de chiles nativos de Oaxaca cultivados *ex situ* bajo cubierta y sistema hidropónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2019 se realizó la colecta de frutos y semillas de chile de Agua, Pasilla Mixe, Coxle, Tabiche, Huacle amarillo y Huacle negro en las localidades donde se producen (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Sitios de colecta de chiles nativos de Oaxaca.

Morfotipo	Municipio	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Coordenadas L.N. y L.O.
De Agua	Ocotlán de Morelos	1500	18-22	600-700	16° 47' 29" 96° 40' 30"
Coxle	Santa María Tecomovaca	615	14-26	300-1000	17° 57' 20" 97° 1' 21"

Huacle amarillo	Valerio Trujano	619	20-26	400-600	17° 46' 29" 96° 58' 50"
Huacle negro	San Juan Bautista Cuicatlán	620	14-26	400-1100	17° 48' 0" 96° 57' 41"
Pasilla Mixe	Santiago Zacatepec	1318	16-26	1000-1800	17° 9' 30" 95° 54' 50"
Tabiche	Miahuatlán de Porfirio Díaz	1556	12-24	500-1000	16° 19' 44" 96° 35' 46"

L.N.: Latitud Norte. L.O.: Latitud Oeste. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021), consultado en <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=20>



Figura 1. Chiles nativos de Oaxaca con diferente estado de madurez. a) chile de Agua, b) Coxle, c) Pasilla Mixe, d) Tabiche, e) Huacle amarillo y f) Huacle negro. Fotografías de Jair Sanjuan-Martínez.

Ubicación. El experimento se realizó de enero-agosto de 2020, en un invernadero tipo túnel sin ventilación lateral y paredes laterales con malla antiáfidos, en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, a 1537 msnm, L. N. 17°01'46", L. O. 96°44'07", clima subhúmedo semicálido (BS1h), con temperatura promedio anual de 20.4 °C (9.1 a 32 °C) y la precipitación anual es de 600-700 mm (INEGI, 2021).

Almácigo. Se tomaron al azar 100 semillas sanas de cada morfotipo y se sembraron en charolas de 200 cavidades con sustrato de peat-moss y agrolita® en una proporción 2:1, diariamente se les suministró un riego ligero con la solución nutritiva Steiner al 25% (Sanjuan-Martínez *et al.*, 2020).

Trasplante y Desarrollo. Cuando las plántulas presentaron de tres a cinco hojas verdaderas, se tomaron al azar 20 plantas de cada morfotipo y fueron trasplantadas en bolsas de plástico de 20 L con sustrato de agrolita®, las cuales fueron distribuidas en filas a doble hilera, con un marco de plantación de 1.0 m entre bolsas y 0.5 m entre hileras dejando un metro de pasillo (San Juan *et al.*, 2019). Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, a través de un sistema de riego localizado se distribuyó la

solución nutritiva Steiner al 100%, utilizando goteros autocompensados con un gasto de 8L/h y salida a cuatro estacas. El cultivo se manejó a libre crecimiento y se colocó un tutor por bolsa para sostén de la planta evitando su caída por efecto del peso de los frutos (Sanjuan, 2020).

Toma de datos. Iniciada la cosecha de frutos, por morfotipo se seleccionaron diez plantas sanas para registrar la altura de planta y diámetro de tallo. Al final del ciclo: se registró el número de frutos por planta, rendimiento de frutos fresco por planta e índice de productividad de agua (Quintal *et al.*, 2012). En 20 frutos sanos de cada morfotipo se obtuvo: el porcentaje de materia seca y el número de semillas por fruto, de estas últimas, se determinó: largo, ancho y área, para ello se digitalizaron 400 semillas sanas tomadas al azar de cada morfotipo con un escaner Epson® L555 a una resolución de 300dpi y posteriormente fueron analizadas con ayuda del programa ImageJ 1.5 (National Institutes of Health, USA) (Sanjuan *et al.*, 2020). Se determinó el peso de 1000 semillas siguiendo la metodología propuesta por la ISTA (2012).

Diseño experimental y análisis estadístico El diseño experimental fue completamente al azar, cada planta fue considerada como una unidad experimental. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el programa SPSS versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura de planta presentó una diferencia del 40% entre el valor más alto y el más bajo, clasificando a la mitad de los morfotipos con una altura menor a 1.0 m y el resto mayor de 1.0 m (Cuadro 2). El diámetro de tallo presentó el mismo comportamiento con una diferencia significativa (Tukey, 0.05) entre plantas con valor menor y mayor a 1.0 cm. La diferencia en ambas variables puede ser atribuido a las condiciones ambientales diferentes a las de su lugar de origen; al respecto, se ha reportado que factores como la radiación (Zermeño *et al.*, 2019) y nutrición (López *et al.*, 2017) son factores que afectan estas variables.

Cuadro 2. Características agronómicas de seis chiles nativos de Oaxaca cultivados en invernadero y sistema hidropónico.

Morfotipo	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Frutos por planta	MSF (%)	Rendimiento (g planta ⁻¹)	IPA (g L ⁻¹)
de Agua	75.86 b	0.74 b	9.5 b	13.9 c	216.23 a	2.45 a
Coxle	91.12 b	1.13 a	18.8 b	21.1 a	262.88 a	1.91 a
Huacle amarillo	114.54 a	1.08 a	17.0 b	18.0 b	280.35 a	2.10 a
Huacle negro	81.57 b	0.85 b	15.2 b	16.4 bc	236.77 a	1.77 a
Pasilla Mixe	121.73 a	1.27 a	20.7 b	8.8 d	263.38 a	1.91 a
Tabiche	125.58 a	1.10 a	34.0 a	18.3 ab	238.56 a	1.77 a

Medias con letras distintas en columna presentan diferencia significativa (Tukey, 0.05). MSF= materia seca de frutos en porcentaje; IPA=Índice de productividad de agua.

El número de frutos por planta de todos los morfotipos fue menor al 50% de los valores (61, 46 y 62) reportados por Martínez *et al.* (2014) para los chiles nativos de Oaxaca: Miahuateco, de Agua y Bolita. Al respecto, se ha reportado que las dimensiones del fruto es un factor que influye en el número de frutos por planta (Montaño y Belisario, 2012). Sin embargo, en este estudio, a pesar de presentar un intervalo amplio de 9 a 34 frutos por planta en los morfotipos evaluados, no presentaron diferencias significativas en el rendimiento de fruto fresco que en promedio fue 249.7 g por planta, debido a ello el índice de productividad de agua no presentó diferencias significativas el cual, tuvo un valor promedio de 1.98 g L⁻¹ (Cuadro 2). El porcentaje de materia seca de frutos presentó diferencias significativas (Tukey, 0.05) con una fluctuación del 8.8 al 21.1 %. A excepción del chile de Agua, esta propiedad es de gran importancia porque los frutos son comercializados en seco. Al respecto, Luitel y Kang (2013) mencionan que la acumulación de materia seca en frutos es un factor determinado por el genotipo de la planta. En las características de las semillas se presentaron diferencias significativas (Tukey, 0.05), el chile de Agua presentó 54.9% más semillas por fruto con respecto al chile Huacle amarillo y Tabiche (Cuadro 3). Hernández *et al.* (2012), mencionan que el tamaño y peso de la semilla de poblaciones de chiles silvestres se encuentra influenciada por la precipitación y temperatura media anual del lugar de origen, lo cual pudo afectar en este experimento ya que los diferentes morfotipos provienen de localidades con diferentes condiciones edafoclimáticas (Cuadro 1) y cultivadas comúnmente a campo abierto.

Cuadro 3. Características de semillas de seis chiles nativos de Oaxaca cultivados en invernadero y sistema hidropónico.

Morfotipo	NSF	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Peso de 1000 semillas (g)
de Agua	184 a	5.04 d	4.32 d	17.1 c	6.133 bc
Coxle	132 ab	4.93 e	4.28 d	16.6 d	6.907 b
Huacle amarillo	83 b	5.53 b	4.60 c	20.0 b	6.737 b
Huacle negro	109 b	5.74 a	4.83 a	21.8 a	8.741 a
Pasilla Mixe	112 b	5.40 c	4.73 b	20.1 b	6.335 b
Tabiche	83 b	5.02 d	4.27 d	16.9 cd	5.507 c

Medias con letras distintas en columna presentan diferencia significativa (Tukey, 0.05). NSF= número de semillas por fruto.

En la actualidad, la tendencia para la conservación y producción intensiva de estos materiales genéticos nativos, es bajo ambientes protegido y nutrición controlada, evitando daños por plagas y enfermedades que de manera natural se encuentran en campo abierto; sin embargo, aún falta realizar investigaciones que estudien la situación actual de los cultivos y su posible potencial bajo estos sistemas, analizando datos que permitan identificar características de interés tanto para el consumidor como para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Los morfotipos evaluados se pueden clasificar de acuerdo con la altura de la planta (>1.0 m y <1.0 m) y al diámetro del tallo (>1.0 cm y <1.0 cm). El chile tabiche presentó mayor número de frutos por planta (34). Sin embargo, fue similar el rendimiento promedio de fruto fresco por planta (249.69 g) e índice de productividad de agua (1.98 g L⁻¹). Estas características pueden ser útiles para la selección de materiales, y para planes de conservación y mejoramiento genético.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado a través de los proyectos SIP-IPN 20200340 y 20220404. Al CONACYT y a BEIFI-SIP-IPN por las becas otorgadas al primer autor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Rincón, V. H., Corona, T., López P., Latournerie, L., Ramírez, M., Villalón, H., y Aguilar, J. A. (2010) Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Bosland, P. W. & Votava, E. L. (2012) Peppers: Vegetable and Spice *Capsicums* (2nd ed). CABI, USA, 230p.
- Charles D. J. (ed) (2013) Antioxidant Properties of spices, herbs and other sources. Springer, 612p.
- Hernández, S., Porras, F., Pacheco, A., López, R. G., Villarreal, M., Parra, S., y Osuna, T. (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noreste de México. *Polibotanica*, 33:175-191.
- INEGI (2021). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=20> (Fecha de consulta 29-VIII-2021).
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) (1995) Descriptores para *Capsicum* spp. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 52p.
- ISTA. (2012). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland International Seed Testing Association. 243p.
- Leyva, O. R., Andrés, P., del Valle, D., Meneses, I., Murguía, J., Galindo, M. E., López, H., Serna, R., Del Rosario, L., Lee, H.E., Sierra, M., y Espinoza, A. (2018). Caracterización morfológica de poblaciones de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) en la región centro del estado de Veracruz, México. *Revista Bio Ciencias*, 5, 1-11.
- Lim T. K. (ed) (2013) Edible Medicinal and non-medicinal plants. Springer, 606p.
- Lira R., Casas, A. y Blancas, J. (eds) (2016) Ethnobotany of Mexico: Interactions of people and plants in Mesoamerica. Springer, 560 p.

- López, J.D., Villegas, O.G., Sotelo, H., Andrade, M., Juárez, P., & Martínez, E. (2017). Yield and quality of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) by effect of nutritional regimen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8):1747-1758.
- Luitel, B. P., & Kang, W. H. (2013). Assessment of fruit quality in doubled haploids of minipaprika (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 54(3):257-265.
- Martínez, R., Méndez, I., Castañeda, H. M., Vera, A. M., Chávez, J. L., & Carrillo, J. C. (2014). Interpopulation heterosis for agromorphology and capsaicinoids in native peppers from Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3):199-207.
- Montaño, N. J., & Belisario, H. C. (2012) Agronomic behavior of seven pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1): 32-44.
- Quintal, W. C., Pérez, A., Latournerie, L., May, C., Ruiz, E. & Martínez, A. J. (2012). Water use, water potential and yield of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2):155-160.
- Russo V. M. (ed) (2012) Peppers: Botany, production and uses. CABI, 280p.
- San Juan, J., Aquino-Bolaños, T., Ortiz-Hernández, Y. D., & Cruz-Izquierdo, S. (2019) Fruit and seed characteristics of chile huacle (*Capsicum annuum* L.) produced in hydroponics. *IDESIA* 37(2): 87-94.
- Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T. & Cruz-Izquierdo, S. (2020). Seed and seedling quality of three chilis (*Capsicum annuum* L.) native to Oaxaca, Mexico. *Ciencia Rural*, 50 (9), e20190921.
- Sanjuan, J. (2020) Características vegetativas y de frutos de tres tipos de chiles de Oaxaca producidos en invernadero. *Contribución al Conocimiento y Tecnológico en Oaxaca* 4: 50-59.
- SIAP (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Fecha de consulta 25-VIII-2021).
- Vera-Sánchez, K.S., Cadena-Iñiguez, J., Latournerie-Moreno, L., Santiaguillo-Hernández, J.F., Rodríguez-Contreras, A., Basurto-Pena, F.A., Castro-Lara, D., Rodríguez-Guzmán, E., López-López, P. & Ríos-Santos, E. (2016). Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, México. 132p.
- Zermeño, A., Claveria, G. L., Melendres, A. I., Ramírez, H., Munguia, J. P., Campos, S. G., y Cadena, M. (2019) La cubierta plástica y su relación con la radiación, crecimiento y rendimiento de un cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia*, 53: 709-723.



SOMUCAAB

Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología AC