

2023
Revista
Ciencias Agronómicas
Aplicadas y Biotecnología
ISSN 2954-4092

Año 3, Vol. 3

Editores
Carlos Granados-Echegoyen
Nancy Alonso-Hernández





2023

**Ciencias Agronómicas
Aplicadas y Biotecnología
Año 3, Vol. 3**

“Sembrando conocimiento, cosechando desarrollo”

Editores

Carlos Granados-Echegoyen

Nancy Alonso-Hernández

Cuerpo Editorial

Editores

Carlos Granados-Echegoyen

Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Laboratorio de Entomología Aplicada y Colecciones Entomológicas, Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), Campeche, México. cagranad@uacam.mx

Nancy Alonso-Hernández

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. alonsoh_nancy@hotmail.com

Comité Editorial

Yolanda Donají Ortiz-Hernández

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México.
yortiz@ipn.mx

Blanca Elvira López-Valenzuela

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Sinaloa, México. blancalopezvzla@favf.mx

Clara Inés Melo-Cerón

Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Grupo de Investigación Interacciones Tritróficas, Colombia. cimeloc@unal.edu.co

Claudia Echeverri-Rubiano

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA), Colombia. cecheverri@cenicana.org

David Quintero-Ángel

Corporación Ambiental y Forestal del Pacífico (CORFOPAL), Colombia.
aquinterom@gmail.com

Demián Hinojosa-Garro

Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Laboratorio de Monitoreo Ambiental y Ecología Acuática, Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), Campeche, México.
dhinojos@uacam.mx

Elida Patricia Marín-Beitia

Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Grupo de Investigación en Agroecología, Colombia. epmarinb@unal.edu.co

Esperanza Loera-Alvarado

Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán A.C. (CIDAM), Michoacán de Ocampo, México. esperanza.loera@umich.mx

Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Sinaloa, México. fernando.vzla@favf.mx

Juan Carlos Camacho-Chab

Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Centro de Investigación en Microbiología Ambiental y Biotecnología (CIMAB). Campeche, México. juanccam@uacam.mx

Juan M. Peñaloza-Ramírez

Universidad Autónoma de Campeche (UACAM), Laboratorio de Flora y Colecciones Científicas Botánicas. Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), Campeche, México. jmpenalo@uacam.mx

Leidy Julieth Salamanca

Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA), Valle de Cauca, Colombia. ljsalamancac@unal.edu.co

Mario Miranda-Salcedo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Michoacán de Ocampo, México. mmiranda8@hotmail.com

Maureen Isabel Leyva-Silva

Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri, Departamento de Control de Vectores, La Habana, Cuba. maureen@ipk.sld.cu

Oswaldo Rene Rodríguez-Flores

Universidad Nacional Agraria, Departamento de Protección Agrícola y Forestal, Laboratorio de Entomología Agrícola, Managua, Nicaragua. oroflores@yahoo.com

Rafael Pérez-Pacheco

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR), Oaxaca, México. rafaelperezpacheco@yahoo.com

Sandra Lorena Zapata-Martínez

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA),
Colombia. slzapata@cenicana.org

Yeimy García-Valencia

Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Colombia. ygarciav@unal.edu.co

Yolanda Rodríguez-Pagaza

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Departamento de
Parasitología, Coahuila, México. ypagaza@hotmail.com

Fulgencio Alatorre-Cobos

CONAHCYT-Centro de investigación Científica de Yucatán A. C., Unidad de
Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Yucatán, México.
fulgencio.alatorre@cicy.mx

Jesús Alberto Camacho-Montoya

Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Departamento de Manejo
de Recursos Naturales, Oaxaca, México. alberto.camacho.1848@outlook.com

Florinda García-Pérez

Universidad NovaUniversitas, Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca
(SUNEO), Oaxaca, México. jafvavadoga@hotmail.com

Salvador Ordaz-Silva

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería y Negocios
San Quintín, Baja California, México. salvador.ordaz.silva@uabc.edu.mx

Xiomara Vanessa Mata-Granados

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Agronomía,
Laboratorio de Fitopatología y Biocontroladores, Centro de Investigación en
Desarrollo Sostenible para el Trópico Húmedo, Costa Rica. xmata@itcr.ac.cr

Gregorio Hernández-Salinas

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de
Zongolica, Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable,
Veracruz, México. gregorio_18_18@live.com.mx

Carlos Fernández-Ríos

Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca UTVCO, Oaxaca, México. cfernandezrios1@gmail.com

Gabriela Sepúlveda-Jiménez

Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Biotecnología, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Morelos, México. gsepulvedaj@ipn.mx

Berenice Barrera-Alonso

Centro de Investigación en Química Aplicada. Departamento de Biociencias y Agrotecnología, Coahuila, México. alonsobere@gmail.com

Alfonso Luna-Cruz

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Michoacán de Ocampo, México. alfonso.luna@umich.mx

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.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 proceso de revisión en el que intervienen al menos dos evaluadores especializados de instituciones de diversos países.

Los volúmenes publicados están disponibles en acceso abierto en:

<https://www.somucaab.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 en jefe: Carlos Granados-Echegoyen / granados.echegoyen@yahoo.com

Coordinación Editorial: Yolanda Rodríguez Pagaza, Alfonso Luna Cruz, Esperanza Loera Alvarado, Ileana Vera Reyes, Nancy Alonso-Hernández / infosomucaab@gmail.com

Para la conformación de este ejemplar se contó con la participación de profesores, investigadores, técnicos, estudiantes y profesionistas de diversas instituciones, quienes nos brindan una parte del quehacer científico que desempeñan en las diversas regiones de México y el mundo.

Revista Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, es una publicación revista anual en junio de cada año; 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.: +52 (951) 170-3994. Editor responsable: Carlos Granados-Echegoyen. 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.

COMITÉ DIRECTIVO

**SOCIEDAD MULTIDISCIPLINARIA
EN CIENCIAS AGRONÓMICAS APLICADAS
Y BIOTECNOLOGÍA A.C.
2022-2023**

**Dra. Yolanda Rodríguez-Pagaza
PRESIDENTE**

**Dr. Alfonso Luna-Cruz
VICE PRESIDENTE**

**Dra. Esperanza Loera-Alvarado
SECRETARIO**

**Dra. Ileana Vera-Reyes
TESORERA**

**Dr. Carlos Granados-Echegoyen
VOCAL**

COMITÉ EJECUTIVO

**Dra. Nadia Salomé Gómez Domínguez
Dra. Nadia Landero Valenzuela
Dra. Magdalena González Alejandra
Dr. Fulgencio Alatorre Cobos
Dra. Carmen Medina Mendoza
Dra. Martha Patricia Chaires Grijalva
Dra. Evert Villanueva Sánchez
Dr. Salvador Sampayo Maldonado**

CONTENIDO

1	Perspectivas del tomate de cáscara cultivado bajo cubiertas plásticas	14
	Bernabé Ignacio Ramos-López*, Yolanda Donají Ortiz-Hernández, Teodulfo Aquino-Bolaños, Juana Yolanda López-Cruz	
2	Adaptación del pitayo agrio <i>Stenocereus gummosus</i> (Engelm) bajo condiciones de riego y temporal	20
	Abel Solano-Olivera, Salvador Ordaz-Silva*, Imelda Virginia López-Sánchez, José Guadalupe Pedro-Méndez, Laura Dennisse Carrasco-Peña, Jorge Luis Delgadillo-Ángeles, Julio C. Chacón-Hernández	
3	Efecto de la nutrición química y biológica sobre el rendimiento y rentabilidad en maíz ancho	25
	Cid Aguilar-Carpio, José Alberto Salvador Escalante-Estrada, Adriana Pérez-Ramírez*	
4	Susceptibilidad de cuatro variedades de fresa a la infestación por trips <i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) en Michoacán	31
	Álvaro Zuriel Bailón-Ortiz, Andre Sabina Suárez-Sánchez, Alfonso Bustamante-Acevedo	
5	Impacto del programa sembrando vida en el desarrollo Local. Estudio de caso: San Blas Atempa, Región Istmo, Oaxaca	37
	Cynthia Cruz-Carrasco, Juana Yolanda López-Cruz*	
6	Evaluación <i>in vitro</i> de <i>Arthrobotrys oligospora</i> sobre <i>Haemonchus contortus</i> en Ovinos	43
	Fabián Arroyo-Balán*, Gabriela Tenorio-Benedicto, Juan Mosqueda-Gualito, Ulises Esquivel-Nuñez, Roberto González-Garduño, Cristiana Cazapal-Monteiro, María Sol Vázquez-Arias	
7	Evaluación fisiológica de plántulas de pitahaya (<i>Hylocereus spp</i>) en sistemas BIG, <i>in</i> y <i>ex vitro</i> con fotoperiodo	48
	Gabriela Hernández-Hernández*, Genaro Pérez-Jiménez	
8	Fecha de siembra, densidad de población y rendimiento de girasol en clima cálido	58
	José Alberto Salvador Escalante-Estrada*, Yolanda Isabel Escalante-Estrada, Cid Aguilar-Carpio	
9	Efectividad biológica de insecticidas naturales para el control <i>Diaphorina citri</i> (Hemiptera: Liviidae)	64
	Edgardo Cortez-Moncada, Miguel Ángel López*, Isabel López-Arroyo	
10	Infestación y parasitismo de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón mexicano	70
	Mario A. Miranda-Salcedo*, Lizette Cicero-Jurado, Carlos Granados-Echegoyen, Nancy Alonso-Hernández	
11	Extracto etanólico de <i>Nerium oleander</i> Linneo (Apocynaceae) para la inhibición de la oviposición y mortalidad de <i>Heilipus lauri</i> Boheman (Curculionidae)	77
	Itzel Luis-López, Jaime Dorantes-Jiménez, Evert Villanueva-Sánchez, César Sánchez-Hernández, Miguel Ángel Sánchez-Hernández, Florinda García-Pérez*	
12	Necesidad de estrategias para el aprovechamiento sustentable de la rosita de cacao en Huayapam, Oaxaca	80
	Fernando Eli Ortiz-Hernández, Yolanda Donají Ortiz-Hernández*, Marco Aurelio Acevedo-Ortiz, Gema Lugo-Espinosa	
13	Manos migrantes que elaboran mezcal artesanal como factor de desarrollo rural en Matatlán Oaxaca	88
	Gema Lugo-Espinosa*, Marco Aurelio Acevedo-Ortiz, Yolanda Donají Ortiz-Hernández, Oscar Luis Figueroa-Rodríguez	
14	Extracción de lípidos de la levadura <i>Rhodotorula glutinis</i> por ultrasonido evaluando potencia y tiempo	93

- Ivonne Mena-Vazquez, Beatriz Gutiérrez-Rivera, Luis Alfredo Ortega-Clemente, Ana Line Vázquez-Larios1, Paula Natalia Robledo-Narváez, Ángel Cardenas-Cágal
- 15 Chinchas patas de hoja (*Leptoglossus lineosus*) y sus daños a *Hylocereus* 101**
- José Enrique Nicio-Ventura*, Yolanda Donají Ortiz-Hernandez, Teodulfo Aquino-Bolaños
- 16 Rendimiento de grano y sus componentes de maíces nativos del estado de Campeche, México 105**
- Mónica Beatriz López-Hernández, Antonio Villalobos-González, Noel Antonio González-Valdivia, Enrique Arcocha-Gómez
- 17 Comunidades en la Chinantla Oaxaca conservando bosques y selvas: Impulso de iniciativas locales 110**
- Marco Aurelio Acevedo-Ortiz*, Gema Lugo-Espinosa, Yolanda Donají Ortiz-Hernández, Fernando Elí Ortiz-Hernández
- 18 Influencia de un consorcio micorrízico y fertilización orgánica en el crecimiento de *Scaevola plumieri* (L.) Vahl, nativa de duna costera 116**
- Rodrigo Borges-Escalante, Silvia Karina Mena-Suarez, Juan Carlos Camacho-Chab, Katia I. Cob-Rivera, Gustavo Enrique Mendoza-Arroyo
- 19 Caracterización fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de dos pastas comestibles tipo tallarín 122**
- Miriam Sánchez-de Dios, Juan Carlos Aguilar-Arpaiz*, Gerardo Adrian Méndez-de la Fuente, Carolina Vazquez-Hernández, José Alfredo Jiménez-Juárez, Josafat Alberto Hernández-Becerra
- 20 Estudio de la actividad antioxidante de compuestos bioactivos producidos por la microalga *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing 1834 para fines biotecnológicos 132**
- Ana Celeste Ordoñez-Torres, Juan Enrique Pereañez-Sacarias, Juan Carlos Camacho-Chab*, Benjamín Otto Ortega-Morales, Manuel Jesús Chan-Bacab
- 21 Diversidad de aves y quirópteros en un paisaje agroforestal con plantaciones de palma africana, Campeche, México 141**
- Oscar Gustavo Retana-Guiascón*, Jesús Vargas-Soriano
- 22 Sistemas agroforestales (SAF) como una estrategia para el desarrollo rural en la Chinantla Oaxaqueña 153**
- Rosario Aide-Hernández López, Juana Yolanda López-Cruz*, Yolanda Donají Ortiz-Hernández
- 23 Virus del arrugamiento foliar en *Phaseolus vulgaris* L. 159**
- Yolanda Isabel Escalante-Estrada*, J. Alberto S. Escalante-Estrada, Luis Daniel Samper-Escalante
- 24 Aislados del género *Trichoderma* contra fitopatógenos del cultivo de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) 165**
- Blanca Elvira López-Valenzuela*, Luis Fernando Medina-Trevedán, Edgar Valenzuela-Cuadras, Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza, Celia Selene Romero-Félix, Quintin Armando Ayala-Armenta, Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez, Florinda García-Pérez

Perspectivas del tomate de cáscara cultivado bajo cubiertas plásticas

Bernabé Ignacio Ramos-López^{1,*}, Yolanda Donají Ortiz-Hernández¹, Teodulfo Aquino-Bolaños¹, Juana Yolanda López-Cruz¹

Resumen. El rendimiento del cultivo del tomate de cáscara es afectado por la infestación de plagas y enfermedades, uso ineficiente del agua de riego, entre otros; sin embargo, con el uso de tecnologías modernas es posible mejorar el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue analizar los avances logrados a la fecha sobre la producción de tomate de cáscara en agricultura protegida y la percepción de los productores sobre sus expectativas para incrementar el potencial productivo, la satisfacción en el trabajo y la aplicación que dan a los ingresos obtenidos en la actividad para mejorar sus condiciones de calidad de vida. En este trabajo, se hizo una revisión documental de publicaciones del cultivo bajo estructuras de protección; así como, la observación no participante, la aplicación de entrevistas semiestructuradas y el sentir de los productores. Se encontró que es posible mejorar el rendimiento del tomate de cáscara bajo sistemas protegidos, siempre y cuando se favorezca la polinización. Además, con esta tecnología se aprovecha mejor el espacio y se incrementa la eficiencia del uso del agua por las plantas, despertando el interés de los productores para incrementar el potencial productivo puesto que cuentan con los conocimientos técnicos, les gusta el trabajo que realizan, y con los ingresos obtenidos pueden utilizarlos para la reinversión en los sistemas de cultivo bajo cubiertas plásticas y para dar mantenimiento a las estructuras de protección. Sin embargo, se requiere realizar más investigaciones sobre cubiertas plásticas, tipos de construcción, estudios del microclima entre otros aspectos, para incrementar sustancialmente el rendimiento y calidad del tomate de cáscara en agricultura protegida.

Palabras clave: Agricultura Protegida, Tomate de Cáscara, Fertirrigación.

Abstract. The yield of the husk tomato crop is affected by the infestation of pests and diseases, inefficient use of irrigation water, among others. However, with the use of modern technologies, it is possible to improve crop yields. The objective of this study was to analyze the advances achieved to date in the production of husk tomato in protected agriculture. Additionally, it aimed to explore the perception of producers regarding their expectations to increase the productive potential, job satisfaction, and the application of income to improve their quality of life conditions. The research included a documentary review of publications on this crop under protection structures, non-participant observation, and semi-structured interviews with producers to gauge their feelings. The findings indicated that the yield of husk tomato can be improved under protected systems, particularly by favoring pollination. Furthermore, this technology allows better utilization of space and increases water use efficiency by plants. These benefits have sparked the interest of producers in enhancing the productive potential. Given their technical knowledge and passion for their work, they are inclined to reinvest the income obtained in cultivation systems under plastic covers and to maintain the protection structures.

Keywords: Protected Agriculture, Husk Tomato, Fertigation.

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para correspondencia: ignacio.ramos1@yahoo.com

1. Introducción

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) es una especie originaria de Mesoamérica (Santiaguillo-Hernández & Blas, 2009), es uno de los principales cultivos hortícolas de México apreciado en la gastronomía mexicana y de gran importancia económica, con gran potencial comercial para la industria, agrícola, alimentaria y farmacéutica mundial (Vargas-Ponce et al., 2015). Se le conoce con distintos nombres, según la región del país que se trate; tomate y al tomate rojo jitomate, tomate de cáscara, tomate verde, miltomate, tomate de hoja, tomate de bolsa, tomate de fresadilla (Santiaguillo-Hernández et al., 2009). Su cáscara exhibe distintos colores según la raza y variedad (púrpura, verde, amarillo) con preferencias regionales de cultivo y consumo (Vargas-Ponce et al., 2015).

En 2020 se cultivaron en el país alrededor de 40,000 ha (SIAP, 2020) con un rendimiento promedio de 15.5 t/ha el cual es bajo, pudiendo llegar hasta más de 83 t/ha (Soldevilla-Canales et al., 2002). Los bajos rendimientos se deben a varios factores negativos como: deficiente manejo del cultivo, invasión al cultivo por malezas, plagas y enfermedades, estrés por exceso o falta de agua, frío, heladas, granizadas, estrés por exceso o déficit de luz solar, contaminación del aire, poca tecnificación entre otros. Al respecto, con el uso de tecnología moderna como estructuras de protección junto con otras técnicas agrícolas se amortiguan los efectos adversos que impone el medio ambiente y con ello se incrementa la producción, se aprovecha mejor el agua de riego, el suelo y demás insumos necesarios para este cultivo.

En México hasta 2015 según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020) se contaban con alrededor de 51,000 ha de agricultura protegida conformada por diversas construcciones: invernaderos, macrotúneles, microtúneles y mallas-sombra. De tal superficie se desconoce en cuántas hectáreas se produce tomate de cáscara, por lo que en el presente trabajo se revisa cual es el estado actual de la producción e investigación del cultivo de tomate de cáscara bajo condiciones protegidas.

2. Materiales y Métodos

La metodología se considera de tipo cualitativa y descriptiva. Se hizo análisis de información bibliográfica y de algunas páginas electrónicas publicadas en la última década sobre la producción de tomate de cáscara en México, tanto en campo como en agricultura protegida, para conocer los avances existentes a la fecha. El área de estudio fueron localidades de la región de Valles Centrales, donde mediante recorridos en campo y con técnicas como la observación no participante y aplicación de entrevistas semiestructuradas se sondeó la percepción de los productores en cuanto a sus expectativas para incrementar su potencial productivo, su satisfacción con el trabajo realizado y la utilización que le dan a los recursos obtenidos con esta actividad, así como para conocer la opinión a productores para la posible aceptación de la tecnología de cultivo bajo cubiertas protegidas.

3. Resultados y Discusión

En México la producción de tomate de cáscara en condiciones protegidas es aún incipiente, todavía se encuentra en fase de investigación. El SIAP hasta 2020 no tiene reportes de producción de tomate de cáscara bajo esta modalidad. Por otra parte, investigaciones científicas sobre el tema, reportan su

viabilidad como alternativa de producción. Mencionan que la producción de tomate de cáscara en invernadero a escala comercial aún no ha sido posible por distintas razones, dos de las principales según Santiaguillo-Hernández et al. (2009) son: la carencia de invernaderos diseñados para esta especie y la falta de variedades propias para invernadero. Los mismos autores señalan que la producción en invernadero de tomate de cáscara representa una opción productiva, principalmente cuando existen limitaciones al exterior y el precio lo justifica. Enseguida se discuten algunos resultados obtenidos de estudios realizados con tomate de cáscara bajo condiciones protegidas.

El tomate de cáscara presenta polinización cruzada que requiere agentes externos como; insectos (Figura 1) y movimiento del aire para el amarre de fruto, a diferencia del tomate rojo que se autopoliniza. Lo anterior fue evaluado por Peña-Lomelí et al. (2014), al estudiar distintos sistemas de producción para tomate de cáscara. Ellos observaron el menor rendimiento bajo invernadero y el mayor en campo. Tal resultado negativo en invernadero lo asociaron a varios factores tales como: falta de movimiento del aire que dispersara el polen, ventanas cerradas por el frío de la mañana y tarde que redujo los cambios de aire al interior, muerte de abejas al interior del invernadero en las primeras etapas del cultivo por falta de flores y durante el transcurso del cultivo por exceso de calor. Estos autores sugieren que, para producir tomate de cáscara en invernaderos cerrados, se usen abejorros u otros insectos polinizadores o también recomiendan se instalen ventiladores al interior que mueva el aire para favorecer la polinización.



Figura 1. A) Visita de abeja en flor de tomate de cáscara bajo cubierta de protección. B) Cultivo de tomate de cáscara bajo estructura de protección. C) Frutos maduros de tomate de cáscara variedad rendidora bajo cubierta de protección.

Otro aspecto importante a considerar para producir tomate de cáscara bajo estructuras de protección, sea invernadero macrotúnel o malla-sombra es tomar en cuenta las características del material de cubierta, porque según Castilla (2007) la cubierta influye sobre la transmitancia y difusión de la radiación solar hacia el interior y a su vez esta energía determina los niveles de temperatura, humedad relativa y déficit de presión de vapor del aire interno. Lo que según Peña-Lomelí et al. (2014) repercute sobre el rendimiento de los cultivos, por las interacciones que se dan entre las plantas y su ambiente. Ramos-López et al. (2017) evaluaron cubiertas plásticas sobre el cultivo de tomate de cáscara variedad Rendidora, y obtuvieron el mayor rendimiento bajo la cubierta de polietileno transparente con (3.23 kg/planta) seguido de la malla-sombra color cristal (1.73 kg/planta) y campo (1.39 kg/planta), y el menor rendimiento bajo el polietileno blanco lechoso (1.25 kg/planta). Este último material de cubierta, limitó 48 % la luz solar lo que redujo sensiblemente el rendimiento.

Asimismo, se han evaluado distintos tipos de mallas-sombra de diferentes colores en plantas de tomate de cáscara (Morales et al., 2018), estos autores encontraron que bajo la malla blanca las plantas crecen más, producen mayor cantidad de frutos de mayor peso, contrario a la malla roja y negra donde la producción de frutos fue mayor estos fueron de menor tamaño y peso.

Por otro lado, para tener éxito en la producción de tomate de cáscara, es elegir la variedad más adecuada; por ejemplo, Ramos-Lara et al. (2002) obtuvieron rendimientos máximos de 1.687 kg-planta⁻¹ con el genotipo CHF1-Chapingo bajo condiciones de invernadero. Santiaguillo-Hernández et al. (2004) al cruzar los genotipos CHF1-Chapingo y verde Puebla reportaron rendimientos de 42.5 t/ha bajo invernadero. Ponce-Valerio et al. (2012) al estudiar tres variedades mejoradas bajo invernadero encontraron una mayor producción en plantas del genotipo denominado "Población Tecamac". Mientras que Peña-Lomelí et al. (2014), al evaluar cuarenta genotipos de tomate de cáscara encontraron que los derivados de la raza Rendidora presentaron mayor rendimiento tanto en invernadero como a la intemperie.

Sin embargo, en un estudio reciente al probar variedades comerciales de tomate de cáscara bajo cubierta de protección y usando una baja densidad de plantación (1.5 plantas/m²) el rendimiento se incrementó en 32.8, 56.6, 30.9 y 21.8 % (Ramos-López et al., 2018), porque obtuvieron rendimientos al interior del macrotúnel de 40.6, 48.4, 39.5 y 30.7 t/ha para las variedades Tecozautla; Rendidora, Diamante y San Martín respectivamente, y en campo en ese mismo experimento para las mismas variedades y en ese orden 27.3, 21, 27.3 y 24 t/ha. Estos rendimientos en ambos ambientes (macrotúnel y campo) se vieron favorecidos también por el uso de acolchado plástico, fertirrigación y el monitoreo técnico de la humedad del suelo. Por lo tanto, es posible duplicar y aun triplicar la producción incrementando la densidad de plantación, usando espalderas o tutoreo, y manejar con mayor precisión la fertilización y el riego.

Si aunado a lo anterior, se mejora la eficiencia en el uso del agua por las plantas, se puede optimizar sustancialmente ya sea en cultivos protegidos o a la intemperie. Esto se logra usando un método para determinar la cantidad de agua a suministrar al cultivo considerando su edad, tipo de suelo, clima. Ramos-López et al. (2021) al usar el método del monitoreo del potencial mátrico del suelo mediante tensiómetros reportaron 29.7 kg/m³ y 18.53 kg/m³ de eficiencia en el uso del agua por las plantas en macrotúnel y campo respectivamente. Lo anterior significó que para la misma unidad de agua utilizada por las plantas se obtuvo más kilogramos de producto al interior del macrotúnel que en campo. Sin embargo, se requiere ampliar investigaciones sobre este cultivo que aborden tipos de construcciones, materiales de cubiertas, fertirrigación, manejo de plagas y enfermedades, entre otros que permitan mejorar la producción de tomate de cáscara en agricultura protegida.

Por otra parte, el 75% de los entrevistados manifestó interés para incrementar su potencial productivo, preferentemente con estructuras con dimensiones de 1,000 m², y un 20% con estructuras de 800 m², y el resto no definió el tamaño de las estructuras. El 85% dijo estar totalmente satisfecho con su trabajo, un 12% no estar satisfecho, dadas las limitantes que enfrentan para acceder a las fuentes de financiamiento. En relación a los ingresos obtenidos con esta actividad, un 87% dice reutilizarlos para incrementar su productividad, un 15% para el mantenimiento de las estructuras y el resto para cubrir sus gastos familiares. Por lo que respecta a la aceptación de la tecnología de cultivo bajo sombra, un 92% señaló estar interesado en adoptar nuevas formas de cultivo y solo un 8% manifestó no tener interés en ello.

4. Conclusiones

La producción de tomate de cáscara en agricultura protegida es aún incipiente; sin embargo, representa una opción productiva para el campo mexicano. Al interior de estas estructuras de protección, sean invernaderos, macrotúneles o mallas-sombra se requiere favorecer la polinización usando insectos polinizadores o estructuras de protección con ventiladores o ventanas.

Se requiere también elegir la cubierta plástica más adecuada para la región y la variedad de tomate de cáscara más rentable. Con ello se incrementará el rendimiento, se hará un uso más eficiente del agua y los demás recursos. Se requieren más estudios sobre todos los aspectos que involucra la producción de tomate de cáscara en agricultura protegida.

La producción de tomate de cáscara, bajo cubiertas plásticas, permite una producción de calidad y con menor posibilidad de sufrir daños el producto final al tener contacto con el medio ambiente que deteriore la calidad y obstaculice su comercialización.

Los productores tienen interés por aprender otras formas de cultivos que les permitan obtener mayores niveles de producción y mayor calidad, ya que cuentan con conocimientos técnicos para ello, la única limitante es el difícil acceso a fuentes de financiamiento.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Oaxaca por todos los apoyos brindados y al postdoctorante CONAHCYT-IPN.

Referencias Citadas

- Castilla, N. (2007). Invernaderos de plástico: Tecnología y manejo. 2da ed. Madrid: Mundi- Prensa. 462p.
- Morales, I., Martínez-Gutiérrez, G. A., & Escamirosa-Tinoco, C. (2018). Production and Quality of *Physalis ixocarpa* Brot. Fruit under Colored Shade Netting. HortScience, 53: 823-828.
- Peña-Lomelí, A., Ponce-Valerio, J. J., Sánchez-del-Castillo, F., & Magaña-Lira, N. (2014). Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. Revista Fitotecnia Mexicana, 37: 381-391.
- Ponce-Valerio, J. J., Peña-Lomeli, A., Rodríguez-Pérez, J. E., Mora-Aguilar, R., Castro-Brindis, R., & Magaña-Lira, N. (2012). Densidad y poda en tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) cultivado en invernadero. Revista Chapingo. Serie Horticultura, 18: 325-332.
- Ramos-Lara, C., Alcántar-González, G., Galvis-Spinola, A., Peña-Lomelí, A., & Martínez-Garza, A. (2002). Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. Terra Latinoamericana, 4: 465-469.
- Ramos-López, B. I., Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Escamirosa-Tinoco, C., & Pérez-Herrera, A. (2017). Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos. Horticultura Brasileira, 35: 265-270.
- Ramos-López, B. I., Ortiz-Hernández, Y. D., & Morales, I. (2018). Yield analysis of *Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem varieties under greenhouse and field conditions. Ciencia Rural, 48: 1-7.
- Ramos-López, B. I., Ortiz-Hernández, Y. D., Morales, I., & Aquino-Bolaños, T. (2021). Plant density on yield of Husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) in field and greenhouse. Ciencia Rural, 51: 1.
- Santiaguillo-Hernández, J. F., & Blas, Y. S. (2009). Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. Revista de Geografía Agrícola, 43: 81-86.

- Santiaguillo-Hernández, J. F., Cervantes-Santana, T., & Peña-Lomelí, A. (2004). Selection for fruit yield and quality from plant x plant crosses between husk tomato varieties. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27: 85-91.
- Santiaguillo-Hernández, J. F., Vargas-Ponce, O., Grimaldo-Juárez, O., Sánchez-Martínez, J., & Magaña-Lira, N. (2009). Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis*.) en México. Publicaciones de la red de tomate de cáscara. Folleto Técnico, #2, México. 31p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Disponible en: www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119 Consultado el 20 de agosto de 2022.
- Soldevilla-Canales, S., Peña-Lomelí, A., Solís-Mendoza, F., Vásquez-Rojas, T. R., & Colinas-León, M.T. (2002). Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Chapingo*, 8: 25-38.
- Vargas-Ponce, O., Valdivia-Mares, L. E., & Sánchez-Martínez, J. (2015). Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. *Agroproductividad*, 8: 17-23.

Adaptación del pitayo agrio (*Stenocereus gummosus* Engelm) bajo condiciones de riego y temporal

Abel Solano-Olivera¹, Salvador Ordaz-Silva^{2,*}, Imelda Virginia López-Sánchez², José Guadalupe Pedro-Méndez², Laura Dennisse Carrasco-Peña², Jorge Luis Delgadillo-Ángeles², Julio C. Chacón-Hernández³

Resumen. En este trabajo se evaluó el crecimiento vegetativo de cladodios de *Stenocereus gummosus* bajo condiciones de riego y temporal en un lote experimental de esta cactácea conocida como pitaya agria en la Península de Baja California y que es de importancia económica debido a que sus frutos son de gran valor en épocas de cosecha por su particular sabor. La domesticación de esta planta es una opción para quienes se dedican a la colecta de sus frutos ya que la mayoría de ellos no cuentan con recursos para el establecimiento de cultivos tradicionales, sin embargo, no hay estudios relacionados para esta especie en cuanto a su propagación y establecimientos. Se extrajeron 48 brazos de *Stenocereus gummosus* en áreas naturales con la finalidad de establecer una huerta de temporal y una de riego, cada una con 12 cladodios de 30 y 60 cm de longitud; los resultados muestran un crecimiento sigmoideal, así como cambios físicos en los tallos de ambos experimentos. En el cuadro de temporal, el mayor desarrollo vegetativo se presentó en tallos de 60 cm, creciendo con mayor rapidez en las primeras 19 semanas y concluyendo que en todas las variables medidas fue superior en los tallos de mayor tamaño. En el experimento de riego, el crecimiento en estacas de 60 cm cesó hasta la semana 26, acumulando más de 6 cm de longitud en promedio.

Palabras clave: Cladodios, Crecimiento, Riego, Temporal.

Abstract. The vegetative growth of *Stenocereus gummosus* cladodes was evaluated under irrigated and seasonal conditions in an experimental lot of this cactus known as pitaya agria in the Baja California Peninsula. This cactus is of economic importance due to the high value of its fruits, which have a unique flavor during harvest times. The domestication of this plant is an option for fruit collectors who lack resources to establish traditional crops. However, there are no related studies available for this species regarding its propagation and establishment. A total of 48 arms of *S. gummosus* were extracted from natural areas to establish a rainfed orchard and an irrigated orchard. Each orchard consisted of 12 cladodes, with lengths of 30 cm and 60 cm, respectively. The results demonstrated sigmoidal growth and physical changes in the stems of both experiments. In the seasonal experiment, the greatest vegetative development occurred in the 60-cm stems, growing faster during the first 19 weeks. It was concluded that all measured variables were higher in the larger stems. In the irrigation experiment, growth on the 60 cm cuttings ceased until week 26, with an average length accumulation of over 6 cm.

Keywords: Cladodes, Growth, Irrigation, Temporary.

¹Facultad de Ingeniería y Negocios. Universidad Autónoma de Baja California, San Quintín, Baja California, México.

²Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tamaulipas, México.

³Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tamaulipas, México.

*Autor para la correspondencia: salvador.ordaz.silva@uabc.edu.mx

1. Introducción

Las cactáceas son plantas consideradas nativas del Continente Americano; se encuentran distribuidas y presentes desde los territorios de Canadá hasta el estrecho de Magallanes en América del Sur (Bravo, 1978; Borrego, 1986), siendo México su centro de origen y especiación (Bravo, 1978). Esta familia está integrada por alrededor de 1500-2000 especies, de las cuales 550-900 están presentes en México; el 79% de éstas son endémicas del país (Bravo & Sánchez, 1991; Barthlott & Hunt, 1993). Este grupo de plantas posee una estructura similar a las otras dicotiledóneas, sin embargo, se diferencian de ellas al ser xerófitas; la característica única en estas plantas es la presencia de areolas, que no se presenta en ninguna otra familia del reino vegetal (Trevison & Demaio, 2006). De acuerdo a Bravo (1978), los géneros y especies que componen al grupo de las cactáceas se distribuyen en mayor cantidad en las regiones áridas y semiáridas; aunque también hay algunas presentes en áreas tropicales húmedas e intertropicales creciendo como epifitas (Bravo & Sánchez, 1991).

En México el género *Stenocereus* (Magnoliopsidae: Cactaceae) está conformado por 22-24 especies; 8 de ellas son cultivadas y aprovechadas en las regiones del centro y sur del país (Gibson & Horak, 1978; Sánchez, 1984). Dentro del género *Stenocereus* se encuentra *S. gummosus*, una cactácea muy presente en las diferentes comunidades xerofitas de Baja California; González et al. (2010) proponen 14 ecorregiones en la Península de Baja California y mencionan que el pitayo agrio se encuentra distribuido en ocho de ellas. Se considera una especie de gran importancia para la economía de personas dedicados a la recolección de sus frutos para la venta de temporada, apreciada por su sabor. El establecimiento de huertos de este frutal es un posible método para explotar el fruto de manera comercial y aprovechar las diferentes áreas donde existe la escasez de agua, sin embargo, es necesario el estudio de la fenología y mecanismos de reproducción, así como la reacción de estas plantas al suministro de agua; por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento vegetativo de cladodios de pitaya agria bajo condiciones de riego y temporal.

2. Materiales y Métodos

Localización del área experimental. El presente estudio se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Padre Kino, km 180.2 de la carretera transpeninsular, Ensenada, Baja California, México (Figura 1). Los cladodios utilizados en ambos lotes experimentales fueron recolectados de plantas silvestres ubicadas en la propiedad privada denominada Rancho Las Palomas, el cual se ubica en las latitudes 30.568775 N y -115.877020 O, perteneciente al Sr. Juventino Contreras en San Quintín.

Diseño experimental. Los experimentos fueron realizados mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar; se utilizaron 48 tallos de pitayo (24 de 30 y 24 de 60 cm de longitud) para establecer dos experimentos, uno bajo condiciones de temporal y el otro bajo riego.

Evaluación del crecimiento de tallos. Se evaluó el crecimiento acumulado de los tallos de pitayo de 30 y 60 cm de longitud bajo condiciones de temporal y riego. Después del trasplante se aplicaron riegos a los cladodios a intervalos de tiempo de 15 y 30 días, aplicando un total de 1-2 litros de agua mensuales, de acuerdo a las condiciones ambientales que se presentaron, evitando un exceso de humedad que perjudicara el desarrollo radicular del explante para el caso del sistema de riego, el otro experimento se dejó en condiciones de temporal, es decir, sin agregar agua.



Figura 1. Ubicación de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín, Baja California.

3. Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se reporta que los explantes de 60 cm de longitud de *S. gummosus* mostraron el mayor crecimiento acumulado al transcurrir 27 semanas del trasplante. Las curvas muestran una tendencia a la elongación en las primeras 19 semanas, tal como se muestra en las figura 2 y 3, el crecimiento del pitayo agrio en ambas longitudes siguen la típica curva sigmoideal, como la observada por Pimienta et al. (2002) en su investigación con *S. queretaroensis*; la primera fase se observa en la elongación lenta que después pasa a la fase logarítmica donde el crecimiento se acelera para culminar en una fase de equilibrio donde ésta cesa y pasa al estado de dormancia.

La longitud del cladodio es otro factor importante a considerar en la reproducción asexual; Mizrahi et al. (2002) sostienen utilizar cladodios de 25-40 cm, mientras que López et al. (2000) recomiendan que para *S. griseus* se usen cladodios de 0.5 m, mostrando buenos resultados. En este estudio dicho proceso es más evidente en esquejes de 60 cm, puesto que continuaron con su desarrollo vegetativo y unas cuantas entraron al estado de dormancia, mientras los cladodios de 30 cm tienden a detener su crecimiento unas semanas tras ser retirados de la planta madre. Debido a la dominancia apical del cladodio estos no desarrollaron brazos laterales; López et al (2000) observaron que al retirar el ápice de los brazos y plantados de forma vertical, se estimula el desarrollo de mayor número de brotes. Se observaron notables cambios en los esquejes durante la cicatrización, por ejemplo la coloración de las espinas del ápice normalmente tienden a ser rojizos con puntas color negro, sin embargo al ser retirados de la planta madre estas se tornan de un color grisáceo al transcurrir los días, además de que se volvieron más frágiles al tacto, así como también se presentó un cambio en la

coloración del tallo al ser un verde grisáceo más oscuro; estos efectos fueron más marcados en aquellos cladodios de longitud menor. Se presentó la floración en los esquejes; la areola con desarrollo floral inicia cambiando los colores de los tricomas presentes del típico gris a un ocre dorado; sin embargo, fueron abortadas durante su desarrollo o poco después de su cierre. Incluso cuando la areola muestra su desarrollo, ésta llega a detenerse durante ese lapso antes de la aparición de la flor.

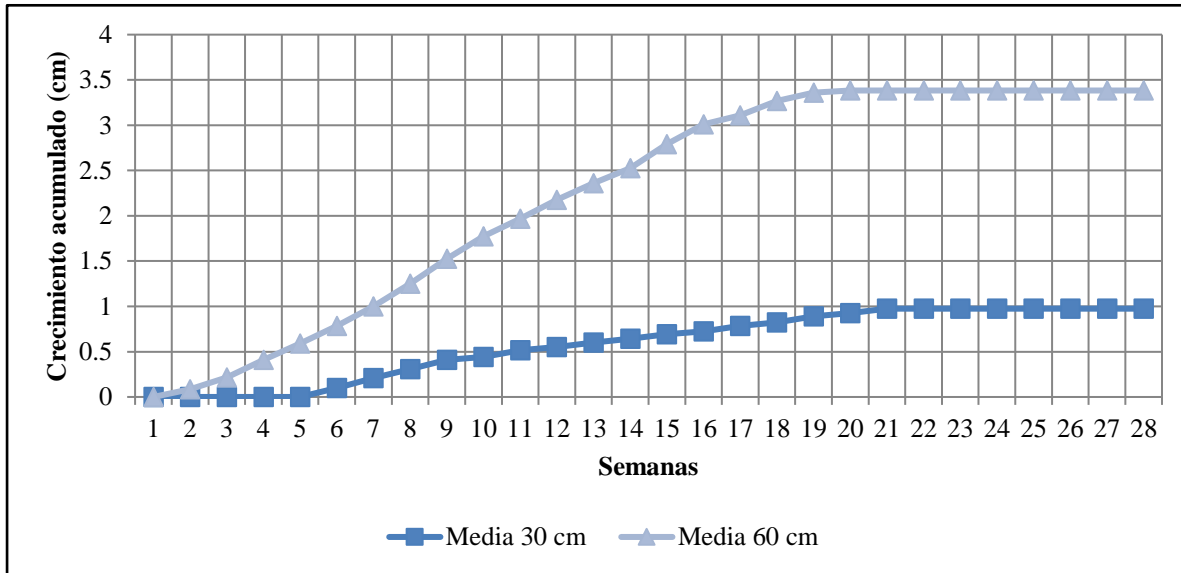


Figura 2. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de temporal.

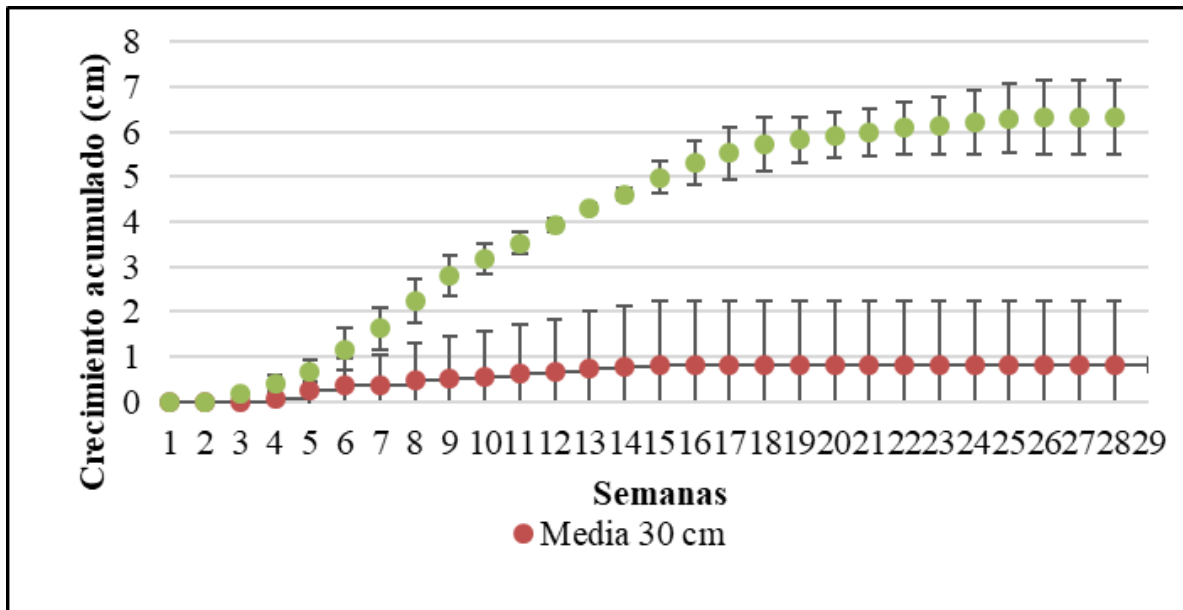


Figura 3. Crecimiento promedio acumulado en cladodios de pitayo bajo condiciones de riego.

4. Conclusiones

La longitud de los cladodios o tallos influye en el crecimiento de las plantas de pitayo ya que como se pudo observar, los explantes más largos se desarrollaron más rápido que los de 30 cm, así como para llegar a obtener producción en un periodo de tiempo más corto dado que se presentaron flores pero quizás debido al manejo no lograron formarse los frutos.

Este trabajo da la pauta para realizar experimentos con mayor número de plantas eligiendo tallos más largos e incluso para poder establecer un sistema de riego por goteo para llevar un mejor control de agua suministrada a cada planta y aprovechamiento de la misma.

Agradecimientos

Los autores agradecen al señor Juventino Contreras por el apoyo con la planta de pitayo utilizada para la presente investigación, así como a las autoridades de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín por permitir establecer los experimentos de riego y temporal.

Referencias Citadas

- Barthlott, W., & Hunt D. R. (1993). The families and genera of vascular plants. Vol II: Flowering Plants. Dicotyledons (edited by Kubitzki K., J.G. Rohwer and Bittrich V.). 161-197.
- Borrego, E. F., & Burgos, V. N. (1986). El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 201p.
- Bravo, H. H., & Sánchez M. H. (1991). Las cactáceas de México. 3a. Ed. Vol. 1 y 3. UNAM, México. 643p.
- Bravo, H.H. (1978). Las Cactáceas de México. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 743p.
- Gibson, A. C., & Horak, K. E. (1978). Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 65: 999-1057.
- González, A. C. E., Peña, G. P., & Ezcurra, E. (2010). Ecorregiones de la Península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87: 69-82.
- López, G. R., Días, P. J. C., & Flores, M. G. (2000). Vegetative propagation of three species of cacto: Pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*S. stellatus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). *Agrociencia*, 34:365-367.
- Mizrahi, Y., Nerde, A., & Sitrit, Y. (2002). New fruits for arid climates. pp 378-384. En: Janick, J y A. Whipkey (eds.). trends in new crops and new uses. Alexandria, Egipto.
- Pimienta, B. E., Robles, M. C., & Pimienta, B. E. (2002). Crecimiento primario en plantas silvestres de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) y su relación con temperatura, lluvia y micorrizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25: 219-222.
- Sánchez, M. H. (1984). Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. En Aprovechamiento del pitayo. ITAO-Oaxaca, UAM. México, 6-21.
- Trevisson, M., & Demaio, P. (2006). Cactus de Córdoba y centro de Argentina. 1ra edición. Ediciones L.O.L.A. Bs.As. 80p.

Efecto de la nutrición química y biológica sobre el rendimiento y rentabilidad en maíz ancho

Cid Aguilar-Carpio¹, José Alberto Salvador Escalante-Estrada¹, Adriana Pérez-Ramírez^{2,*}

Resumen. El maíz es el cultivo de mayor relevancia en la alimentación de los mexicanos, sin embargo, los elevados precios en los insumos han aumentado los costos de producción. Productos como los fertilizantes biológicos pudieran ser una opción para aumentar el rendimiento de grano y mejorar la rentabilidad del cultivo. Por lo que, el objetivo del estudio fue determinar la rentabilidad, producción de biomasa y rendimiento de grano en maíz ancho con relación a la nutrición química y biológica. El estudio se realizó en Nepopualco, Morelos en condiciones de temporal, donde se sembró el maíz ancho con tratamientos de fertilización química y biológica al suelo. A la cosecha se registró la biomasa total, rendimiento de grano y número de grano por m². Así como la rentabilidad de los tratamientos. La mayor biomasa total se registró con el fertilizante químico al 50 y 100% más algas marinas y biofertilizante, así como a la fertilización química al 100%, lo anterior respecto a la fertilización química (50%) y el testigo. Con el fertilizante químico al 50% + algas marinas se logró aumentar rendimiento de grano de manera significativa en relación con la aplicación del fertilizante químico (50%) solo. La mejor rentabilidad se logró con la fertilización química al 100% más las algas marinas.

Palabras clave: Nutrimientos, Biofertilizante, Producción, Cultivos Básicos.

Abstract. Corn is the most relevant crop in the Mexican diet; however, the high prices of inputs have increased production costs. Products such as biological fertilizers could be an option to increase grain yield and improve crop profitability. Therefore, the objective of this study was to determine the profitability and production of biomass and grain yield in broad corn in relation to chemical and biological nutrition. The study was conducted in Nepopualco, Morelos, under rainy conditions, where wide corn was planted, and chemical and biological fertilization treatments were applied. At harvest, the total biomass, grain yield, and grain number per m² were recorded, along with the profitability of the treatments. The higher total biomass was recorded with the chemical fertilizer at 50% and 100%, along with seaweed and biofertilizer, as well as with the chemical fertilization at 100%, compared to the chemical fertilization at 50% and the control. The application of the chemical fertilizer at 50% + seaweed significantly increased grain yield compared to the use of the chemical fertilizer (50%) alone. The best profitability was achieved with 100% chemical fertilization plus seaweed.

Keywords: Nutriment, Biofertilizer, Production, Basic Crops.

1. Introducción

El maíz es el cultivo con mayor relevancia en la alimentación de los mexicanos y se consume de diferentes formas procesadas como en tlaxcal, tamales, atole, tortilla, esquite y no procesados como en elote, derivando un consumo per capita de maíz de 273 g día⁻¹ (González-Cortés et al., 2016). En

¹Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

²Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor para la correspondencia: aguilar.cid@colpos.mx

Morelos se siembran en promedio 38,582 ha, de los cuales el 8.8% (3,428 ha) corresponde a maíces criollos donde la producción es de 10,902 t con rendimientos de 3.18 t ha⁻¹ (SIAP, 2021).

La siembra de maíces mejorado es de suma importancia para que los agricultores alcancen altos rendimientos, sin embargo, a consecuencia de los anterior se están perdiendo los maíces criollos. Por lo que es indispensable seguirlos cultivando, ya que, para la generación de maíces mejorados o híbridos es necesario el uso de maíces criollos, por lo cual es imperativo la conservación de estos, además de que se puede seguir manteniendo nuestra gran diversidad de maíces en México.

A pesar de que el maíz es uno de los principales cultivos en el país, para su producción se ha observado un evidente incremento en los diversos insumos que se utilizan como son los fertilizantes químicos, que en los últimos años se han incrementado su valor comercial, lo que se traduce en una menor rentabilidad para los productores. Para reducir el costo de producción en maíz es necesario complementar la fertilización química con alternativas de origen orgánico o biológico (Aguilar et al., 2015). Como lo son las algas marinas que se han utilizados como nutrientes vegetales por su contenido de vitaminas, carbohidratos y proteínas que favorecen la producción de los cultivos (Aguilar-Carpio et al., 2022).

Por otro lado, los microorganismos promotores del crecimiento han sido un importante factor de estudios por diferentes investigadores, ya que han encontrado una fuerte relación de los microorganismos con la nutrición de los cultivos. Por lo que es importante seguir generando información relacionadas con los genotipos de maíz criollo y su asociación con el uso de fertilizantes de origen biológico, debido a la respuesta positiva que se ha observado en diversos cultivos, así como en el ambiente (Díaz et al., 2013, Aguilar-Carpio et al., 2017). Por lo que, el objetivo del presente estudio fue determinar la rentabilidad, producción de biomasa y rendimiento de grano en maíz ancho con relación a la nutrición química y biológica.

2. Materiales y Métodos

El estudio se estableció bajo condiciones de temporal en el municipio de Totolapan, Morelos, con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con temperaturas promedio mínimas de 8 °C y máximas de 32 °C, precipitación anual de 666 mm y altitud de 1985 m.

El material vegetativo utilizado fue el maíz ancho que se sembró el 15 de junio del 2021, en donde los tratamientos consistieron en la aplicación al suelo de extractos de algas marinas [*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis] de la empresa Acadian Seaplants y de hongos micorrízicos arbusculares *Rhizophagus irregularis* (Błaszk., Wubet, Renker & Buscot) C. Walker & A. Schüßler antes *Glomus intraradices* (Glomeraceae) que fue obtenida en la empresa Biofábrica Siglo XXI. La densidad de población fue de 4.10 plantas m⁻² y distancia entre surcos de 80 cm.

El diseño experimental fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 0.8 m de ancho x 4 m de longitud.

A la madurez fisiológica se evaluó la biomasa total (BT, g m⁻²), rendimiento de grano (RG, 10% de humedad, g m⁻²), número de granos (NG, m²). A las variables en estudio, se les aplicó un análisis de varianza, con el programa estadístico de SAS (Statistical Analysis System, Versión 9.0), la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$).

Adicionalmente, se realizó un análisis económico para rendimiento, utilizando las siguientes ecuaciones: $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$, donde IN = Ingreso neto, Y = Rendimiento (kg ha⁻¹), Py =

precio por kg, $\Sigma XiPi$ = suma de costos variables, CF = costos fijos (Volke, 1982). También se determinó la GPI con la relación: $GPI = (\Sigma XiPi + CF) / YPy$, donde: GPI = ganancia por peso invertido.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el cultivo de maíz ancho.

No	Tratamientos	Dosis
1	Testigo absoluto	Sin aplicación
2	Fertilización química 50% (FQ)	100 N
3	FQ (50%) + Algas marinas	100 N + 2 L ha ⁻¹
4	FQ (50%) + Biofertilizante	100 N + 2 kg ha ⁻¹
5	FQ (100%)	200 N
6	FQ (100%) + Algas marinas	200 N + 2 L ha ⁻¹
7	FQ (100%) + Biofertilizante	200 N + 2 kg ha ⁻¹

3. Resultados y Discusión

Biomasa total. En la Figura 1, se observa que en la biomasa total los tratamientos presentaron diferencias significativas respecto al testigo sin aplicación. A pesar de que la aplicación del FQ al 100% más algas marinas presentó la mayor biomasa total, estadísticamente no fue significativo respecto FQ al 100%, así como tampoco con la combinación del biofertilizante, tendencia que también se observó con la FQ al 50%. Lo anterior indica, que la nutrición proporcionada al cultivo fue suficiente para que la planta pueda expresar su máxima productividad en biomasa, así como lo han observado diversos autores para cultivos como girasol, calabacita y maíz (Arenas-Julio et al., 2021; Aguilar-Carpio et al., 2022; Aguilar et al., 2022).

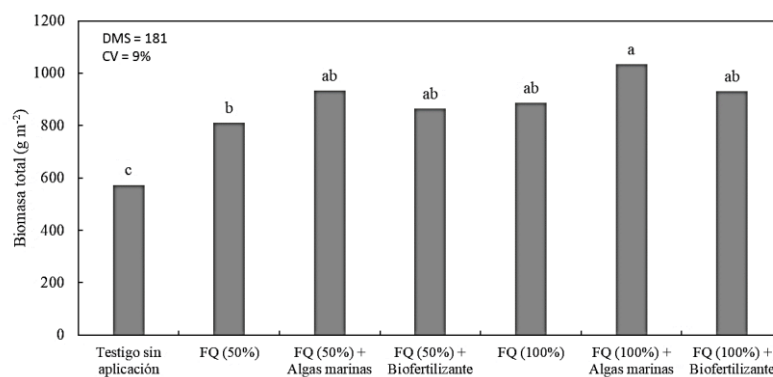


Figura 1. Biomasa total de plantas de maíz ancho en función de la nutrición química y biológica.

Número de granos por m². En el número de granos por m², se puede observar que el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos solo en relación con el testigo sin aplicación (Figura 2). Lo cual señala, que los niveles de fertilización química y biológica fueron los adecuados para lograr una fecundación similar en cada mazorca y así generar el mismo número de granos por m² en los tratamientos. Efecto que también fue registrado por Aguilar-Carpio et al. (2022) en diferentes genotipos de maíz con el uso de biofertilizante y fertilizantes químicos.

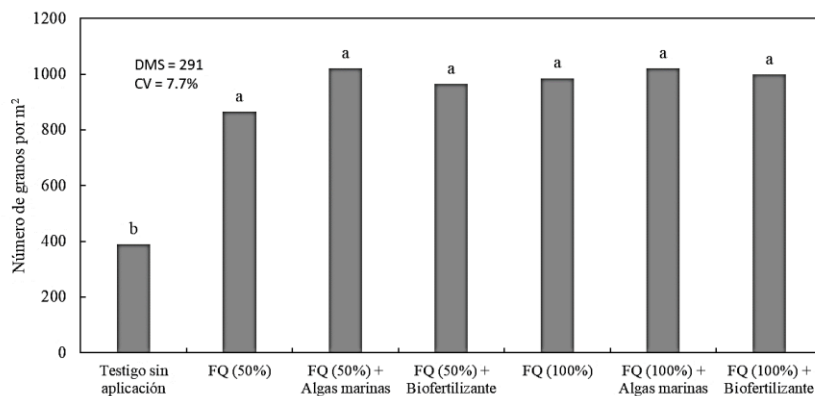


Figura 2. Número de granos por m² de maíz ancho en función de la nutrición química y biológica.

Rendimiento de grano. Con respecto al rendimiento de grano (Figura 3), el análisis de varianza mostró cambios significativos entre tratamientos y con relación al testigo sin aplicación. La aplicación del FQ al 100% + algas marinas generó el rendimiento más alto seguido FQ + biofertilizante y la FQ al 100%, estadísticamente no fueron significativos entre ellos. Cabe señalar, que la FQ al 50% no presentó diferencias significativas a la FQ (50%) + biofertilizante solo en comparación a la FQ (50%) + algas marinas. En términos generales, se observó una tendencia positiva a la aplicación de las algas marinas. Esto posiblemente se deba a que las algas marinas actúan sobre el rendimiento debido a un incremento en las raíces que a su vez generan una mayor eficiencia en la traslocación de nutrientes hacia el grano (De Saeger et al., 2019).

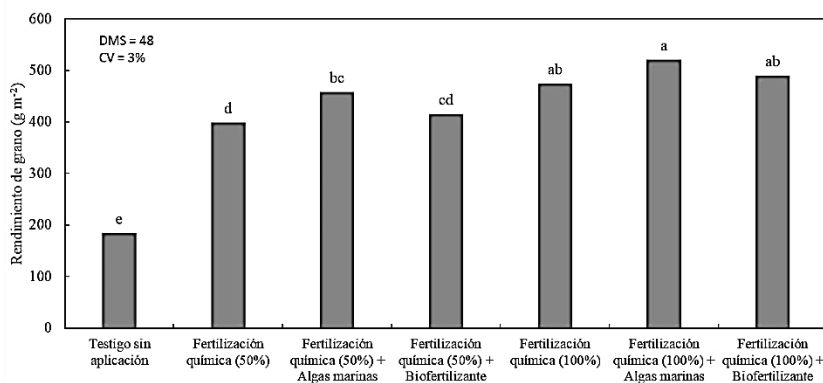


Figura 3. Rendimiento en grano de maíz ancho en función de la nutrición química y biológica.

Análisis económico. En cuanto al análisis económico, la aplicación del FQ al 100% + algas marinas generó el mayor IN, debido a que el IT fue el más alto. Sin embargo, con la aplicación del FQ al 50% + algas marinas se logró la mejor GPI, seguido de la FQ al 100% + algas marinas. Por lo que, para poder reducir los costos de producción y el que cultivo sea más rentable se recomienda el uso de las algas marinas en asociación con la fertilización química, ya que genera un mayor IN. Al respecto Aguilar et al. (2016) reportaron una mayor rentabilidad en maíces mejorados en comparación al criollo.

Cuadro 2. Porcen Ingresos totales (IT), costo total (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en maíz ancho en función de la nutrición química y biológica.

Tratamientos	IT\$	CT	IN	GPI
Testigo sin aplicación	62,500.00	15,050.00	47,450.00	3.15
FQ (50%)	92,750.00	18,975.00	73,775.00	3.89
FQ (50%) + Algas marinas	114,500.00	20,075.00	94,425.00	4.70
FQ (50%) + Biofertilizante	103,750.00	19,925.00	83,825.00	4.21
FQ (100%)	121,250.00	22,500.00	98,750.00	4.39
FQ (100%) + Algas marinas	130,000.00	23,600.00	106,400.00	4.51
FQ (100%) + Biofertilizante	125,250.00	23,450.00	101,800.00	4.34

IT = RG x precio por kg de maíz cacahuacintle (\$ 25.00). FQ = Fertilización química.

4. Conclusiones

En general, se observó un efecto significativo en la biomasa total, número de granos por m² y en el rendimiento de grano por efecto de los fertilizantes utilizados, respecto al testigo sin aplicación. Para la biomasa total se registró una mayor producción con el fertilizante químico al 50 y 100% cuando estuvo asociado a las algas marinas y biofertilizante, así como a la fertilización química al 100%, lo anterior respecto a la fertilización química al 50% y el testigo sin aplicación. En el número de granos por m² no se encontró respuesta a las diferentes fuentes y dosis de nutrientes utilizados. Con aplicación del fertilizante químico al 50% en asociación con las algas marinas se logró aumentar rendimiento de grano de manera significativa en relación con la aplicación del fertilizante químico (50%) solo. El mejor ingreso neto se logró con la fertilización química al 100% más las algas marinas y en la ganancia por peso invertido se logró con el fertilizante químico (50%) + algas marinas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al laboratorio de efectividad biológica IDAGRO S de RL de CV y a los estudiantes del CBTA 71 por el apoyo recibido para la realización de este trabajo de investigación.

Referencias Citadas

- Aguilar, C. C., Arriaga, R. L. M., Cervantes, A. Y. F., Arenas, J. Y. R., & Escalante, E. J. A. S. (2022). Rentabilidad y producción del maíz VS-535 en respuesta a la fertilización química y biológica. *Acta Universitaria*, 32: e3285.
- Aguilar, C. C., Escalante, E. J. A. S., & Aguilar, M. I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 33: 51-62.
- Aguilar, C. C., Escalante, E. J. A. S., Aguilar, M. I., Mejía, C. J. A., Conde, M. V. F., & Trinidad, S. A. (2022). Eficiencia agronómica, rendimiento y rentabilidad de genotipos de maíz en función del nitrógeno, en clima templado. *Terra Latinoamericana*, 34: 419-429.
- Aguilar, C. C., Cervantes, A. Y. F., Sorza, A. P. J., & Escalante, E. J. A. S. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, 40: 1-12.

- Aguilar-Carpio, C., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Mariscal, I., & Pérez-Ramírez, A. (2017). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz VS-535 en función del biofertilizante y nitrógeno. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4: 475-483.
- Arenas-Julio, Y. R., Escalante-Estrada, J. A. S., Aguilar-Carpio, C., Rodríguez-González, M. T., & Sosa-Montes, E. (2021). Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biotecnia*, 23: 45-51.
- De Saeger, J., Van, P. S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T. & Depuydt, S. (2019). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*, 32: 573-597.
- Díaz, F. A., Ortiz, C. F. E., Lozano, C. M. G., Aguado, S. A. G., & Grageda C. O. A. (2013). Growth, mineral absorption, and yield of maize inoculated with microbe strains. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 3764-3769.
- González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada-Cabral, J. C., Chávez-Muñoz, J. A., & Tejero-Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7: 669-680.
- Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). 2021. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Susceptibilidad de cuatro variedades de fresa a la infestación por trips *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera: Thripidae) en Michoacán

Álvaro Zuriel Bailón-Ortiz^{1,*}, Andre Sabina Suárez-Sánchez², Alfonso Bustamante-Acevedo²

Resumen. El estado de Michoacán es el principal productor de fresa a nivel nacional y Tangancicuaro se ubica en el segundo lugar a nivel estatal. Uno de los principales insectos que pueden mermar el rendimiento son los trips *Frankliniella occidentalis*, es una plaga que puede atacar tanto follaje, como flores y frutos, esto creando una mala fecundación de flores y también el daño en fruto denominado 'bronceado', el principal manejo de esta plaga actualmente es con ingredientes químicos. De acuerdo con lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar la susceptibilidad de cuatro variedades públicas de fresa a la infestación por trips y con ello encontrar una estrategia extra para el manejo de esta plaga. Se realizó un monitoreo mensual utilizando la técnica del golpeteo en diez puntos diferentes por variedad, con esto se obtuvo un promedio de trips por punto. Se graficó la dinámica poblacional de trips en cada variedad, se corrió un ANOVA y una prueba de Tukey. La variedad 'San Andreas' (3.7 trips por monitoreo) tuvo una susceptibilidad alta, seguida de la variedad 'Frontera' (2.3 trips por monitoreo) y la menor susceptibilidad se encontró en las variedades 'Cabrillo' y 'Albion' (1.3 trips por monitoreo).

Palabras clave: Fresa, Trips, Susceptibilidad, Monitoreo, Dinámica.

Abstract. The state of Michoacan is the main producer of strawberries at the national level, with Tangancicuaro ranking second within the state. One of the main insects that can diminish the yield is the thrips *Frankliniella occidentalis*. This pest can attack both the foliage and the flowers, causing poor flower fertilization and damage to the fruits, known as "bronzing." Currently, the main method of controlling this pest is through chemical ingredients. Based on the aforementioned information, the objective of this research was to evaluate the susceptibility of four public varieties of strawberries to thrips infestation and explore additional strategies for managing this pest. Monthly monitoring was conducted using the shaking technique at ten different points per variety, resulting in an average number of thrips per point. The population dynamics of thrips in each variety were graphed, and an ANOVA and a Tukey test were performed. The variety 'San Andreas' exhibited high susceptibility to thrips infestation, with an average of 3.7 thrips per monitoring. This was followed by the variety 'Frontera' with 2.3 thrips per monitoring. The varieties 'Cabrillo' and 'Albion' showed the lowest susceptibility, with an average of 1.3 thrips per monitoring.

Keywords: Strawberry, Thrips, Susceptibility, Monitoring, Dynamic.

¹Centro Regional Universitario Centro Occidente, UCh., Morelia, Michoacán, México.

²Sweet Eat Farms S.P.R. DE R.L., Zamora de Hidalgo, Michoacán, México.

*Autor de correspondencia: alvazrt777@gmail.com

1. Introducción

México se encuentra en el tercer lugar a nivel mundial en la producción fresa (FAOSTAT, 2020); dentro del país la producción se divide en dos regiones, la primera se integra tan solo por Baja California y Baja California Sur, y la segunda es la región central integrada por Michoacán, Guanajuato, Jalisco y Estado de México. De los anteriores estados la mayor producción se fresa se encuentra en Michoacán como primer lugar a nivel nacional, seguido de Baja California, Baja California Sur, Estado de México y la menor producción se encuentra en el estado de Jalisco (CONAFRE, 2010; Wu et al., 2018; González et al., 2019; SIAP, 2020). Dentro del estado de Michoacán los principales municipios productores son Zamora, Tangancícuaro y Jacona. La producción de fresa en el 2019 para Tangancícuaro fue de 78,837 ton/ha, su superficie sembrada fue de 1387 hectáreas y un rendimiento de 56.39 ton/ha (SIAP, 2020), mayor al rendimiento obtenido en el municipio de Zamora por sus aptas condiciones de suelo, clima y disponibilidad de agua. De acuerdo con Vásquez & López (2008) y Bolda et al. (2015), una de las principales plagas en el cultivo de fresa y que llega a causar pérdidas muy grandes por daños en los frutos son los trips. El trips de las flores *Frankliniella occidentalis* (Pergande) es una plaga que puede llegar a infestar seriamente a diferentes cultivos como tomate, aguacate, frijol, pepino, arándano, chile, fresa y muchos más, estos insectos raspan y chupan la savia de las plantas de la capa externa del tejido vegetal, siendo así una puerta de entrada para patógenos e indirectamente vectores de virus. En fresa, la infestación por trips *F. occidentalis* puede causar una pérdida substancial de rendimiento a causa de la alimentación directa de flores y frutos, causando en estos últimos el problema llamado ‘bronceado de fruto’. A nivel mundial el principal método usado para el control de esta plaga ha sido a través del uso de agroquímicos los cuales han causado una gran resistencia en diferentes poblaciones de trips (Rahnman et al., 2010; Abdelmaksoud et al., 2020). Por esto es necesario usar alternativas de control como la selección de variedades resistentes.

Dentro de los trabajos previos realizados en cuanto a la resistencia a trips se encuentran los publicados por Abdelmaksoud et al. (2020), en donde muestran que en etapa de vivero la mayor susceptibilidad a la infestación por trips se encontró en las variedades ‘Fortuna’ y ‘Festival’, una susceptibilidad moderada en las variedades ‘Winter Dow’ y ‘Winter Star’; y baja susceptibilidad en las variedades ‘Montary’ y ‘Florida’. Rahnman et al. (2010), mencionan que la variedad ‘Camarosa’ se comportó como la más susceptible a la infestación y al daño por trips, esto comparado con las variedades ‘Albion’ y ‘Camino Real’.

Debido a la alta resistencia de las poblaciones de trips generada por el alto uso de agroquímicos, la importancia del cultivo en el estado de Michoacán, específicamente en el municipio de Tangancícuaro, y la necesidad de variedades resistentes a *Frankliniella occidentalis*; el objetivo de esta investigación fue evaluar la susceptibilidad de cuatro variedades de fresa a la infestación por trips, algo que aún no se ha hecho en el país.

2. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el municipio de Tangancícuaro, Michoacán, dentro de un test plot ubicado en rancho ‘San Isidro’. Se seleccionaron 4 variedades las cuales fueron ‘San Andreas’, ‘Albion’, ‘Cabrillo’ y ‘Frontera’; estas fueron colocadas bajo un mismo túnel en sistema semi-hidropónico en macetas de 16 litros (4 plantas por maceta) con sustrato de 70% fibra de coco y 30% polvillo de coco,

la nutrición se realizó a través de un sistema de riego por goteo con una solución nutritiva completa haciendo uso del análisis de agua. Se realizó un manejo de plagas y enfermedades general con ingredientes activos permitidos por Aneberries. El trasplante se realizó el 28 de agosto del 2020 y la toma de datos se comenzó el 22 de octubre del 2020 cuando comenzó la producción de fruta y finalizó el 07 de enero del 2021. El monitoreo de trips se realizó semanalmente y se utilizó la metodología propuesta por Miranda & Loera (2019), en la presente investigación se seleccionaron 10 macetas al azar por variedad. Se utilizó la técnica del golpeteo descrita por Gonzáles & García (2003) y Miranda & Loera (2019), para el presente caso se utilizó una inflorescencia como unidad de golpeteo. En cada golpeteo se contaron los individuos en cual fuera el instar y se obtuvo un promedio por monitoreo lo cual se convirtió en el promedio por variedad. El análisis de datos se realizó con la dinámica de trips en las variedades, con la población acumulada, análisis de varianza y la prueba de medias Tukey de las poblaciones por variedad en el tiempo, esto con ayuda del programa SPSS statistics 25.

3. Resultados y Discusión

Los datos obtenidos reflejan que la población de trips aumenta de manera general a partir de diciembre lo cual indica que los manejos existentes deberán reforzarse a partir de este mes, a pesar de esto la variedad 'San Andreas' fue la primera variedad en sobrepasar el umbral de acción que se considera en 4 trips promedio por punto de muestreo, seguida de la variedad 'Frontera' que sobrepasa el umbral a partir del mes de diciembre.

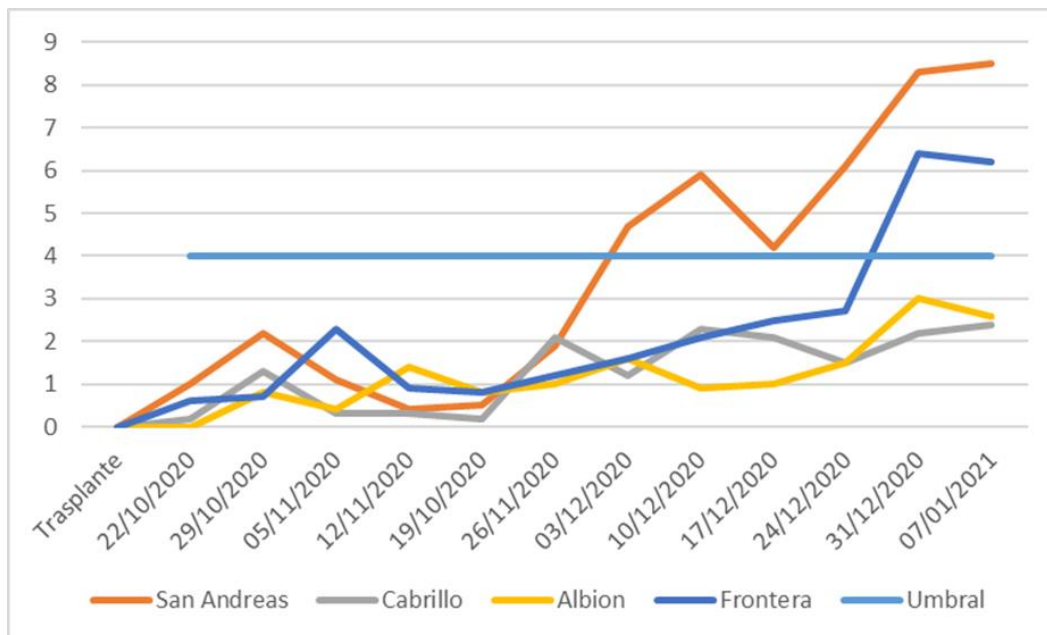


Figura 1. Fluctuación poblacional de trips *Frankliniella occidentalis* en cuatro variedades de fresa en Tangancicuaró (octubre del 2020 a enero del 2021).

Con base en el análisis de varianza se comprobó que existió diferencia significativa entre la infestación de trips en las cuatro variedades y se realizó una prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) en donde se mostró que la mayor infestación se presentó en la variedad ‘San Andreas’ (3.7 trips promedio por diez puntos), con infestación media se presentó la variedad ‘Frontera’ (2.3 trips promedio por diez puntos) y las infestaciones más bajas se presentaron en variedades ‘Cabrillo’ y ‘Albion’ (1.3 trips promedio por diez puntos) las cuales además no sobrepasaron el umbral de acción.

Cuadro 1. Cuadro de individuos promedio por punto de muestreo en las variedades evaluadas.

Fechas de muestreo	Infestación promedio de Trips por punto de muestreo y variedad			
	San Andreas	Cabrillo	Albion	Frontera
Traslape	0	0	0	0
22-10-2020	1	0.2	0	0.6
29-10-2020	2.2	1.3	0.8	0.7
05-11-2020	1.1	0.3	0.4	2.3
12-11-2020	0.4	0.3	1.4	0.9
19-10-2020	0.5	0.2	0.8	0.8
26-11-2020	1.9	2.1	1	1.2
03-12-2020	4.7	1.2	1.6	1.6
10-12-2020	5.9	2.3	0.9	2.1
17-12-2020	4.2	2.1	1	2.5
24-12-2020	6.1	1.5	1.5	2.7
31-12-2020	8.3	2.2	3	6.4
07-01-2021	8.5	2.4	2.6	6.2
Total	44.8	16.1	15	28
Media	3.7b	1.3 ^a	1.3a	2.3 ab
F value	2.8***			

¹ valores con letra o letras diferentes (a, ab, b) son significativamente diferentes.

² F value determinado por ANOVA: *** significativo a un $\alpha= 0.05$.

Estos resultados pueden explicarse debido a lo encontrado por Abdelmaksoud et al. (2020), en donde demuestra que las altas infestaciones por trips pueden darse debido a las altas cantidades de fósforo, por el contrario, plantas con altas cantidades de potasio tiende a tener bajas infestaciones por trips. Con lo anterior podría entonces decirse que algunos de estos elementos están interactuando con las altas infestaciones de trips las variedades ‘San Andreas’ y ‘Frontera’; por su parte la mayor absorción de algún otro elemento como potasio puede interactuar con las bajas infestaciones en las variedades ‘Cabrillo’ y ‘Albion’.

Rahman et al. (2010), reportaron que los trips tienen menor preferencia por la variedad ‘Albion’ que por ‘Camino Real’ y ‘Camarosa’, resultado semejantes se obtuvieron en el presente artículo ya que ‘Albion’ y ‘Cabrillo’ contaron con las menores infestaciones mostrando un promedio de 1.3 trips por punto de muestreo por fecha de monitoreo.

Los promedios de trips por muestreo fueron bajos comparados con los obtenidos por Abdelmaksoud et al. (2020), en donde el menor se encontró con 3.25 trips por evaluación y el mayor con 9.2 trips promedio por evaluación, así mismo con los encontrados por González & García (2003),

en donde encontraron 24.4 trips promedio por punto de muestreo con el método de golpeteo. A pesar de los bajos promedio y debido al tiempo de evaluación, es posible afirmar que la variedad ‘San Andreas’ es una variedad más susceptible a la infestación por trips, seguida de la variedad ‘Frontera’ y las variedades ‘Albion’ y ‘Cabrillo’ tienen una baja susceptibilidad.

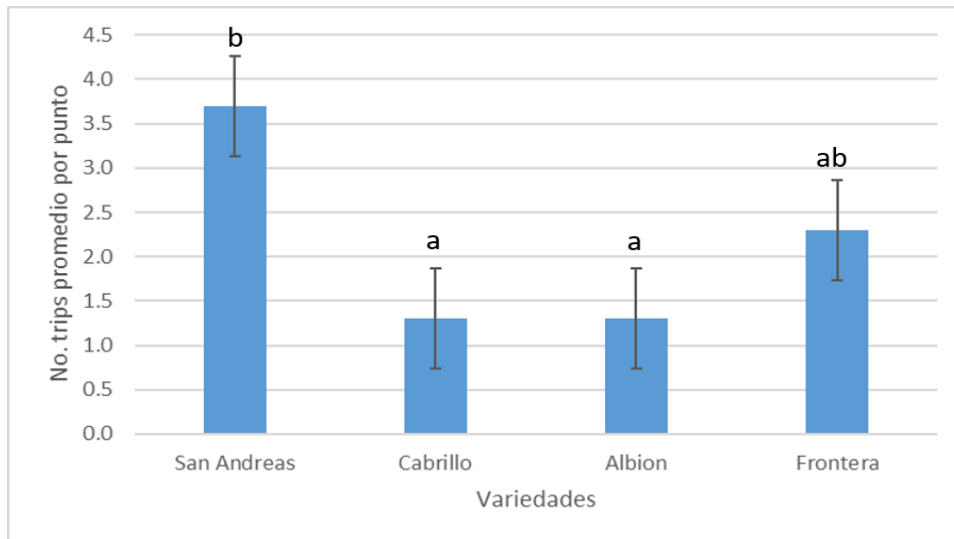


Figura 1. Gráfico de medias y comparación con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

4. Conclusiones

La dinámica poblacional muestra que las poblaciones de trips en el cultivo de fresa para las condiciones de Tangancicuaro, Michoacán, inician con bajas poblaciones en la primera floración pero estas aumentan a partir de diciembre en donde se encuentra la segunda floración, así mismo en sistema semi-hidropónico las poblaciones no son muy altas en las variedades evaluadas, pero la variedad ‘San Andreas’ contó con mayor infestación, seguida de la variedad ‘Frontera’ y las menores infestaciones se encontraron en las variedades ‘Cabrillo’ y ‘Albion’, estas últimas no tuvieron diferencias significativas en la prueba de Tukey.

Referencias Citadas

- Abdelmaksoud, E. M., El-Refai, S. A., Mahmoud, K. W., & Ragab, M. E. (2020). Susceptibility of some new strawberry genotypes to infestation by western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in the nursery. *Annals of Agricultural Science*, 65: 144-148.
- Bolda, M., Dar, S. K., Fallon, J., Sánchez, M., & Peterson, K. (2015). Manual de producción de fresa para los agricultores de la costa central. Segunda edición. Distritos de conservación de recursos de la Costa Central. 80 p.
- CONAFRE (Consejo Nacional de la Fresa). (2012). Plan Rector Nacional 2012. Sistema Producto Fresa. 43 p.
- FAO. (2018). FAOSTAT Database. Rome, Italy.: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Sitio web: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

-
- González-Razo, F. J., Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Morales-Hernández, J. L., & Ramírez-Abarca, O. (2019). Situación actual y perspectivas de la producción de fresa en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 44: 260-272.
- González-Zamora, J. E., & García-Mari, F. (2003). The efficiency of several sampling methods for *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in strawberry flowers. *Journal of Applied Entomology*, 127: 516-521.
- Miranda-Salcedo, M A., & Loera-Alvarado, E. (2020). Bioecología de especies de trips (Thysanoptera: Thripidae) asociados a limón mexicano en Michoacán. *Entomología Mexicana*, 6: 146-150.
- Rahman, T., Spafford, H., & Broughton, S. (2010). Variation in preference and performance of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on three strawberry cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 103: 1744-1753.
- SIAP. (2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. Base de datos para el cultivo de fresa por estado. 2020, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sitio web: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Vázquez-Gálvez, A., & López-Aranda, J. A. (2008). Alternativas químicas al uso de bromuro de metilo en el cultivo de fresa. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Michoacán, México. 39 p.
- Wu, F., Guan, Z., Arana-Coronado, J. J., & Garcia-Nazariaga, M. (2018). An overview of strawberry production in Mexico. University of Florida. 5 p.

Impacto del programa sembrando vida en el desarrollo local. Estudio de caso: San Blas Atempa, Región Istmo, Oaxaca

Cynthia Cruz-Carrasco¹, Juana Yolanda Lopez-Cruz^{2,*}

Resumen. Las Políticas Públicas se definen como acciones gubernamentales cuyos objetivos son planteados de acuerdo a un proceso de diagnóstico y análisis de factibilidad para dar respuesta y atención efectiva a problemas de interés público, considerando en dicho proceso la participación de la ciudadanía. El gobierno debe participar de forma complementaria y de manera solidaria, a través de Políticas públicas que tengan presentes costos, consecuencias, efectividad y que hagan frente a la escasez, a los problemas públicos y sociales. Durante la administración del presidente Andrés Manuel López Obrador, se puso en marcha, el Programa Sembrando Vida; desplegado en varias etapas, el proyecto estratégico tuvo como propósito atender a campesinos en el territorio nacional. La presente investigación tiene como objetivo evaluar la relación del Programa Sembrando vida y su impacto en el desarrollo local. La investigación tiene un diseño mixto, al ser un estudio cuantitativo-cualitativo no experimental de tipo longitudinal de tendencia, en el que se realizará en esta primera etapa la revisión del bagaje teórico y primer acercamiento con la comunidad de estudio. Como resultado los entrevistados señalan que los requisitos solicitados para acceder al programa, son fáciles de cumplir, y califican de oportunos los apoyos. En este primer acercamiento se observa que existen cuestiones operativas de capacitación y seguimiento que reflejan un impacto positivo en el desarrollo local, respecto al ingreso, participación de la mujer en actividades de la comunidad e incorporación de jóvenes para fomentar el relevo generacional.

Palabras clave: Sembrando Vida, Desarrollo Rural, Campesinos.

Abstract. Public policies are defined as government actions with objectives set through a process of diagnosis and feasibility analysis, aimed at effectively addressing public interest issues. This process considers the participation of citizens. The government must play a complementary and supportive role by implementing public policies that consider costs, consequences, effectiveness, and address issues of scarcity, public interest, and social impact. During the administration of President Andrés Manuel López Obrador, the Sowing Life Program was launched. Implemented in multiple stages, this strategic project aimed to support peasants across the national territory. This research aims to evaluate the relationship between the Sowing Life Program and its impact on local development. The research design is mixed, combining non-experimental quantitative and qualitative approaches of a longitudinal trend type. In this initial stage, a review of the theoretical framework and an initial engagement with the study community will be conducted. As a result, the interviewees have indicated that the program's requirements are easy to meet, and they consider the support provided to be timely. In this initial assessment, it is observed that there are operational issues related to training and follow-up, which have a positive impact on local development. This impact is evident in terms of income, increased participation of women in community activities, and the inclusion of young people to promote generational change.

Keywords: Sembrando Vida, Rural Development, Peasants.

¹CONAHCYT-Estancia Posdoctoral. Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: jylopez@ipn.mx

1. Introducción

El Desarrollo local se presenta cuando una nación ha conseguido niveles aceptables de producción y productividad de la agricultura campesina, además de un cierto bienestar de la población rural. Los principales problemas de las políticas de Desarrollo en México y América Latina podrían ser resumidos en los siguientes: falta de articulación, falta de integralidad, falta de continuidad de los procesos de desarrollo rural y finalmente la falta de evaluación ya que pocas veces se conocen los resultados y los impactos de muchos de los programas de desarrollo rural. (Pachón, 2007).

La Secretaría de Bienestar en México, es una organización de carácter público, que tiene el objetivo de generar una sociedad donde todas las personas sin importar etnia, raza o género tengan un nivel de vida en el que prevalezca el bienestar. El programa Sembrando Vida tiene la finalidad de otorgar recursos a los sembradores que se encuentran por debajo de lo que determina el Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL, 2020), como la línea de bienestar, que significa que están en situación de pobreza, buscando a través de apoyo monetario, técnico y material, generar esquemas de trabajo en comunidad cuyo resultado mejore la calidad de vida de los sembradores y sus familias. (Ponce & González, 2022). Dentro de sus reglas de operación, el Programa Sembrando Vida atiende dos problemas principales la pobreza rural y la degradación ambiental a partir del rescate del campo, la regeneración del tejido social y reactivar la economía local. (González, 2020). Debido a lo anterior, se considera importante llevar a cabo la evaluación de los programas sociales, motivo por el cual la presente investigación, se evaluará la importancia del Programa Sembrando Vida en el desarrollo local de las comunidades indígenas oaxaqueñas, en el contexto de su cultura y el impacto en las Comunidades de Aprendizaje Campesino, han tenido en la generación de ingresos, para contribuir al desarrollo local.

2. Materiales y Métodos

Esta investigación se considera de tipo evaluativa con un carácter descriptivo en esta primera etapa. Tiene un diseño mixto, conformado por un estudio cuantitativo-cualitativo no experimental de tipo, longitudinal de tendencia. (Hernández & Baptista, 2014).

Se tendrá como área de estudio los beneficiarios del programa sembrando vida del municipio de San Blas Atempa, Región Istmo, Oaxaca, teniendo como unidad de análisis los sembradores. El Tamaño de la muestra será por conveniencia corresponde a 21 sembradores ubicados en el CAC (Comunidad de Aprendizaje Campesino) Ladxido Yaga, ubicados en el municipio de San Blas Atempa, en la agencia de Rancho Llano de los cuales 9 son mujeres y 12 son hombres. La técnica de recopilación de la información consistió en la aplicación de entrevistas semiestructuradas para conocer cuál es la situación respecto a objetivo del programa, capacitaciones, beneficios, ingreso, apoyos en especie y áreas de mejora del programa. En el siguiente apartado se detallan resultados de la investigación respecto a la situación geográfica y situación de los sembradores respecto al programa.

3. Resultados y Discusión

Caracterización del área de estudio. El municipio de San Blas Atempa, se localiza en la Región del Istmo de Tehuantepec al sureste del estado de Oaxaca, está comprendida en las coordenadas 95°13' longitud Oeste, 16°19' latitud norte (Figura 1), a una altura de 40 metros sobre el nivel del mar

(INAFED, 2022). Cuenta con una superficie territorial de 213.18 kilómetros cuadrados. Colinda al Sureste, Oeste, Noroeste y Norte con Santa María Mixtequilla; al Norte y Noroeste con San Pedro Comitancillo y Santo Domingo Tehuantepec, Base aérea de ciuel rio o de donde, proviene de Ixtepec, Ixtaltepec al Norte y Noroeste; con la colonia Álvaro Obregón, San Pedro Huilotepec al Noroeste, Este y Sureste; y con Salina Cruz al Sureste, Sur y Suroeste pertenece al Distrito rentístico y judicial número 28 denominado Tehuantepec, así como al Distrito Electoral Federal 05 y es el Distrito Local Electoral VI, Microrregión 33.

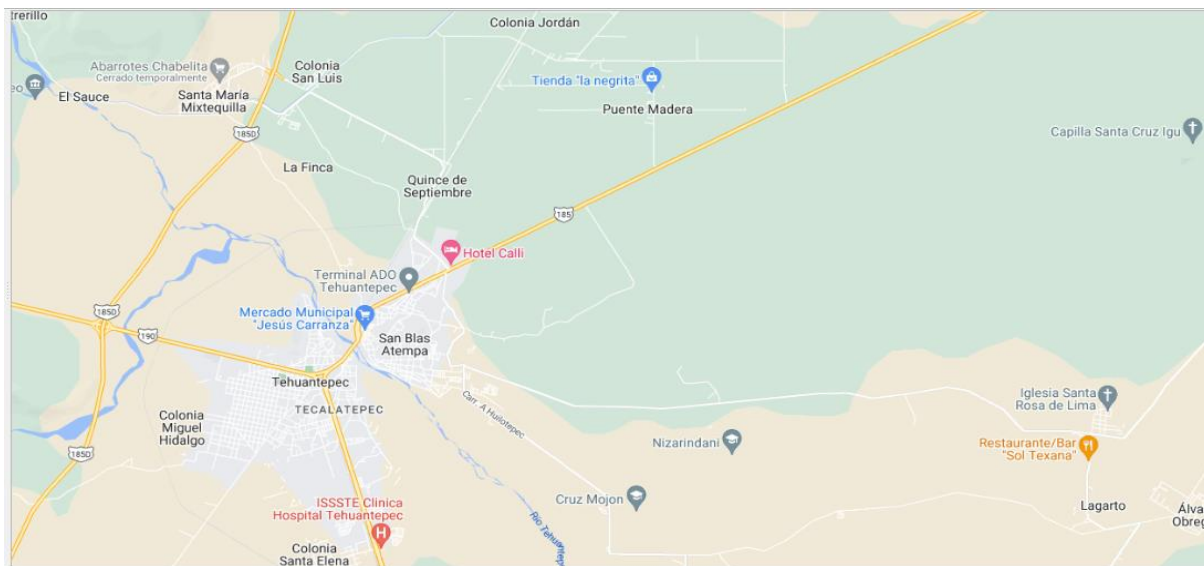


Figura 1. Localización del municipio de San Blas Atempa, Oaxaca, México.

Flora. La vegetación que predomina en el área de influencia de la explotación es conocida como selva baja caducifolia, debido a que los campos se encuentran abiertos a cultivos, la flora predominante es herbáceo, caducifolia, Entre las plantas que predominan se encuentra: el huizache, mezquite, huamúchil, granadillo. Dentro de los terrenos de cultivo se encuentran superficies sembradas de sandía, melón, papaya, calabaza, tomate, cebolla, chile, pepino, maíz, frijol, ajonjolí; y en lo que a flores se refiere, tenemos el cempasúchil (flor de muerto), cresta de gallo, azucena, flor de china, etc. De árboles frutales encontramos el chicozapote, almendra, mango, tamarindo, guayaba, naranja dulce y agria, zapote negro, mamey, guaya, ciruelas, jicaco, nanches, aguacate, etc.

El municipio de San Blas Atempa se caracteriza por tener terrenos con pendientes entre 2 y 1.5% que permite la buena mecanización e irrigación de los terrenos. Su suelo es propio para la agricultura, cuenta con dos elevaciones el cerro del Tigre y cerro Cruz. Los terrenos de sembradío aptos para la siembra de maíz, ajonjolí, tomate, sorgo, tiene unas manchas de suelos salinos principalmente en la agencia conocida como Rancho Llano, se observó durante el recorrido que la textura del suelo cambia según la ubicación del lado norte de San Blas Atempa (agencias Rancho Llano y Puente Madera) posee suelos pesados de textura limosa su principal característica es que son suelos poco permeables, son comunes las cactáceas, huizaches, mezquites, pitahayas, etc. El suelo va cambiando de textura conforme se llega a las agencias Monte Grande, Santa Rosa de Lima y Tierra Blanca donde los suelos son franco arcilloso (yucuela) en donde predomina el cultivo de ajonjolí y

maíz, así mismo, se observan árboles de gran tamaño como huanacastles, morro, gula Bere, árboles frutales como coco, palmeras, mangos, plátano, chicozapote, etc.

Programa Sembrando Vida. En el municipio de San Blas Atempa, el Programa Sembrando Vida inicio el año 2020, y actualmente opera con 12, Comunidades de Aprendizaje Campesino (CAC), teniendo en total 264 beneficiarios de los cuales 90 son mujeres y 174 son hombres. El CAC “Ladxido yaga” se encuentra ubicado en la localidad de Rancho Llano, perteneciente al municipio de San Blas Atempa, está conformado por 21 integrantes, de los cuales 9 son hombres y 12 mujeres.

El vivero se instaló en el 2020, el gobierno federal les proveyó a los sembradores de la malla, las bolsas y las plantas sin embargo tuvieron algunos detalles con el proveedor de sistemas de riego, por lo que la CAC, tuvo que instalarlo con sus propios medios, para poder cumplir con la producción de planta que solicita el programa.

Se puede observar información respecto a las especies que corresponden a especies frutales, maderables y agroindustriales, mismas que son cultivadas por los sembradores para el establecimiento de sus sistemas agroforestales. La CAC ha reportado las siguientes especies en su vivero comunitario en el establecimiento de sus sistemas agroforestales, solicitados por el Programa, de las cuales el 78% es caobilla, el 1% es chicozapote, el 9% es guanábana, el 11% Tepehuaje, 1% tamarindo y el 1% mango, haciendo un total de 32,200 plantas.

Cuadro 1. Reporte de vivero comunitario en la localidad Rancho Llano, San Blas Atempa. Fuente: Sembrando Vida, marzo, 2022.

Categoría	Especie	Cantidad total
Frutal	Guanábana (<i>Annona muricata</i>)	3,000
Frutal	Tamarindo (<i>Tamrindus indica</i>)	200
Frutal	Mango (<i>Mangifera indica</i>)	300
Forestal	Tepeguaje, palo fierro (<i>Lysiloma acapulcense</i>)	3,500
Forestal	Caobilla (<i>Swietenia humilis</i>)	25,000
Frutal	Chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>)	200
TOTAL		32,200

En el Cuadro 2, se presenta los logros principales obtenidos con la participación en el Programa, donde se observa que mayormente han sido beneficiados con capacitación en diversos aspectos, así también con el involucramiento de los jóvenes, quienes han sido capacitados en actividades relacionadas con el campo. Así como el reconocimiento de las competencias de las mujeres para participar en la toma de decisiones, a partir de la incorporación de las mujeres en los comités de las Comunidades de Aprendizaje Campesino, visibilizando su participación para promover el desarrollo local de sus comunidades.

Cuadro 2. Impacto de las acciones realizadas con el Programa Sembrando Vida en San Blas Atempa.

Accion	Impacto	Poblacion Beneficiada
Capacitación	Manejo de parcela para el establecimiento de sus sistemas agroforestales tales como	Sembradores (Campesinos y campesinas de las CACS)

Accion	Impacto	Poblacion Beneficiada
Capacitación	establecimiento de (MIAF-SAF), Milpa Intercalada con árboles frutales y arboles maderables intercalados con plantas agroindustriales. Determinación de Curvas de nivel, Control de Plagas y enfermedades, Análisis de tipo de suelo,	Sembradores (Campesinos y campesinas de las CAC)
Capacitación	Aspectos de organización, trabajo en equipo, manejo de cultivo, abonos orgánicos, etc.	Sembradores (Campesinos y campesinas de la CAC)
Manejo de biofábrica	Capacitación en elaboración de bioles (abonos de tipo foliar orgánico) insecticidas y abonos orgánicos elaborados a partir de productos naturales.	Sembradores (Campesinos y campesinas de las CAC)
Establecimiento de vivero	Asesoría técnica y acompañamiento para la reproducción de su planta.	Sembradores (Campesinos y campesinas de las CAC)
Relevo generacional en la agricultura	Trabajo a jóvenes de la comunidad	Jóvenes participantes en el Programa Construyendo el Futuro
Reconocimiento de las competencias de las mujeres para participar en la toma de decisiones	Visibilizando la participación de las mujeres para promover el desarrollo local de sus comunidades	Mujeres participantes en los comités del programa (CAC)
Obtención de un ingreso mensual, como pago por jornal, (\$4500.00 más \$500 para el fondo de ahorro)	Contribución al bienestar familiar y comunitario lo que les ha permitido tener un recurso para el sustento de su parcela y/o familia.	Sembradores (Campesinos y campesinas de las CAC)
Fortalecimiento del conocimiento tradicional	Rescate del conocimiento tradicional en una actividad que ya desarrollaban sus antepasados	Continuar con la siembra de su parcela, aplicando nuevas técnicas de cultivo

4. Conclusiones

La incidencia del Programa Sembrando Vida en el CAC “Ladxido Yaga” ubicado en la comunidad de San Blas Atempa, ha sido positiva respecto al ingreso, capacitación y fomento de actividades agropecuarias. Se recomienda un mayor acompañamiento por parte de los técnicos en parcela, así como mantener una escucha activa con los sembradores respecto con el objetivo de realizar un mayor

intercambio de conocimientos y experiencias entre los productores respecto al rescate de sus conocimientos tradicionales con apoyo de los técnicos contratados por el programa.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los pobladores de San Blas Atempa por las facilidades brindadas y por compartir sus experiencias, a los técnicos del Programa Sembrando Vida por el apoyo para la obtención de la información.

Referencias Citadas

- CONEVAL (2020). Avances y retos del programa sembrando vida, extraído de microsoft word - comunicado_11_programa_sembrando_vida.docx (coneval.org.mx)
- González, A. L. (2020). Diario Oficial de la Federación. Poder legislativo. p 7.
- Hernández, F., & Baptista, S. (2014) Metodología de la investigación Sexta edición. Libro: Metodología de la investigación.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal INAFED. (2022). <https://www.gob.mx/inafed>.
- Pachón, F. (2007). Desarrollo Rural: Más Que Desarrollo Agrícola. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 54: 50-61.
- Ponce D., & González C. E. (2022). Huika México, La organización como espacio de poder y desigualdad, Capítulo 2. La Secretaría de Bienestar en México y sus discursos en pro de la igualdad de género: El caso del programa Sembrando Vida.

Evaluación *in vitro* de *Arthrobotrys oligospora* sobre *Haemonchus contortus* en Ovinos

Fabián Arroyo-Balán^{1,5,*}, Gabriela Tenorio-Benedicto², Juan Mosqueda-Gualito³, Ulises Esquivel-Nuñez³, Roberto González-Garduño⁴, Cristiana Cazapal-Monteiro⁵, María Sol Vázquez-Arias⁵

Resumen. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad depredadora *in vitro* de siete cepas aisladas del hongo nematófago *Arthrobotrys oligospora* con uso potencial como control biológico sobre larvas infectivantes (L3) de *Haemonchus contortus* de ovinos. Se sembraron 1×10^6 conidios de en cajas Petri con medio de cultivo de agar-agua, se hicieron diez réplicas para cada cepa del hongo y 10 cajas Petri sin hongos como grupo control. Fueron incubadas durante tres semanas a una temperatura de 24-28°C y se agregaron 100 L3 a cada placa. Después de cinco días se raspó y lavó la superficie de las placas de Petri, se recuperaron las larvas mediante la técnica de Baerman. De cada muestra se tomaron diez alícuotas de 20 µL y se contaron las larvas recuperadas estimando el porcentaje de captura. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico SAS y mostró diferencias significativas entre las distintas cepas de *A. oligospora*; observando que las cepas A6 y A15 fueron más activas contra las larvas L3 de *H. contortus* de ovinos con respecto a los demás aislamientos, con una capacidad de captura promedio del 91%, las cepas R2-1 y R2-13 fueron las de menor grado de depredación, con un rango de captura de 58-64% en promedio.

Palabras clave: Ovinos, Control Biológico, *Arthrobotrys oligospora*, *Haemonchus contortus*.

Abstract. The objective of this study was to evaluate the *in vitro* predatory activity of seven isolated strains of the nematophagous fungus *Arthrobotrys oligospora*, with the potential use as biological control against infective larvae (L3) of *Haemonchus contortus* in sheep. A total of 1×10^6 *A. oligospora* conidia were seeded in Petri dishes with agar-water culture medium. Ten replicates were made for each strain of the fungus, and 10 Petri dishes without fungi were used as a control group. The plates were then incubated for three weeks at a temperature of 24-28°C. Subsequently, 100 L3 of *H. contortus* were added to each plate, including the control group. After five days, the surface of the Petri dishes was scraped and washed to recover the larvae, using the Baerman technique. Ten aliquots of 20 µL were taken from each sample, and the recovered larvae were counted to estimate the capture percentage. An analysis of variance (ANOVA) was performed using the SAS statistical package, which revealed significant differences between the different strains of *A. oligospora*. It was observed that the A6 and A15 strains exhibited higher activity against L3 larvae of *H. contortus* in sheep compared to the other isolates, with an average capture capacity of 91%. On the other hand, the R2-1 and R2-13 strains of *A. oligospora* showed the lowest degree of predation, with an average capture range of 58-64%.

Keywords: Sheep, Biological Control, *Arthrobotrys oligospora*, *Haemonchus contortus*.

¹Investigador por México CONAHCYT-Universidad Autónoma de Campeche-CEDESU, Campeche, México.

²Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA), Durango, México.

³Universidad Autónoma Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales, Queretaro, México.

⁴Universidad Autónoma de Chapingo. Centro regional Universitario Sur-Sureste (CrUSSE), Tabasco, México.

⁵Grupo de Investigación COPAR (GI-2120), Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, España.

*Autor para la correspondencia: fabian.arroyo@conahcyt.mx

1. Introducción

Los programas de control parasitario basados exclusivamente en la administración de tratamientos farmacológicos a los animales son solo una solución temporal, puesto que no actúan sobre las fases de vida libre en el suelo. Puesto que los animales se reinfectan al ingerir forraje contaminado por estas fases, aunado a las grandes desventajas del uso de productos químicos como los elevados costos, la presencia de resistencia (Köler, 2001) y su posible efecto nocivo para el medio ambiente, que llevan a disminuir considerablemente su empleo en las próximas décadas.

El empleo de hongos nematófagos se considera la alternativa más promisoría para el control de NGI en rumiantes, debido a las ventajas que presentan, entre las que se destacan un ciclo de vida corto; alta capacidad reproductiva; producción de esporas de resistencia y supervivencia en la fase saprofítica en ausencia de hospedadores; inocuida para los seres humanos y animales, reducción de las poblaciones parasitarias, en vez de eliminarlas, lo cual constituye un estímulo inmunológico permanente en los animales. Estos microorganismos rompen el ciclo de vida de los NGI al atrapar los estados infectivos de estos parásitos presentes en las heces de los animales o en el suelo, por medio de trampas de captura para posteriormente destruirlos y nutrirse de sus tejidos. De esta manera, disminuyen las cargas de larvas L3 en las praderas y, por tanto, reducen la contaminación y la infección de las pasturas y de los animales durante el pastoreo (Mendoza de Gives et al., 1998). El objetivo del presente estudio fue de evaluar la capacidad predadora in vitro de siete cepas de *Arthrobotrys oligospora* aisladas en el estado de Querétaro, México, que puedan utilizarse como posibles controladores biológicos sobre larvas infectantes (L3) de *Haemonchus contortus* en ovinos.

2. Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango, perteneciente a la Universidad Autónoma de Chapingo. Se utilizaron siete cepas de los hongos nematófagos de *A. oligospora* aislados previamente a partir de diferentes sustratos (tierra, composta, heces de ovinos, bovino y equinos) recolectados en diferentes zonas ganaderas del estado de Querétaro, México (Arroyo-Balán et al., 2021), los cuales fueron identificados taxonómicamente mediante la utilización de las claves morfológicas descritas por Cooke & Godfrey (1964). Para la obtención de Larvas infectantes (L3) de *H. contortus* se utilizaron muestras fecales de un cordero previamente infectado de forma experimental con L3 de *H. contortus*, que se recogieron y cultivaron durante 10 días a temperatura ambiente. Posteriormente, se recolectaron las larvas utilizando la técnica de Baerman, se cuantificaron y se almacenaron a 4°C hasta su empleo. Cada hongo se cultivó en placas de Petri con agar-agua durante 3 semanas a temperatura ambiente (25-28°C). A continuación, se colocaron 100 L3 de *H. contortus* sobre la superficie de cada placa y se incubaron durante 5 días a temperatura ambiente. Se hicieron diez réplicas para cada especie de hongo; además, se depositaron larvas en placas con agar-agua sin hongos como testigos. Después de 5 días, se raspo la superficie de las placas petri con una espátula, se lavó con agua destilada y el líquido se recogió en tubos de ensayo y se refrigeró durante 2 horas a 4°C para permitir que las larvas migren al fondo del tubo. El volumen de los tubos se ajustó a 2 ml donde se encontraron las larvas. Se tomaron diez alícuotas de 20 µL y se contaron las larvas recuperadas con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Para la estimación de los porcentajes de reducción se empleó la fórmula (Arroyo-Balán et al., 2021):

$$\% Reducciv = n = \frac{XC - XH}{XC} * 100$$

Donde: **XC**= n. de larvas recup. del grupo Testigo
XH=n. de larvas recup. de las diferentes cepas de hongos

Se contaron las larvas recuperadas y se estimó un porcentaje de captura. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete estadístico SAS (SAS, 2004). Cada cepa de hongo depredador aislado se consideró como un tratamiento, cada uno con 10 repeticiones, utilizando los resultados obtenidos con la fórmula indicada, y se estimó la diferencia estadística de captura entre cepas mediante la prueba de comparación de medias de Duncan con nivel de confianza de 95 %.

3. Resultados y Discusión

De los resultados de este estudio sobre la evaluación *In vitro* de las cepas aisladas, se observó que las cepas A6 y A15 del hongo *A. oligospora* mostraron mayor actividad de captura contra las larvas L3 de *H. contortus* con una capacidad de atrapamiento promedio del 91%, las cepas R2-1 y R2-13 de *A. oligospora* fueron las de menor depredación, con un rango de captura de 58-64% (Figura 1).

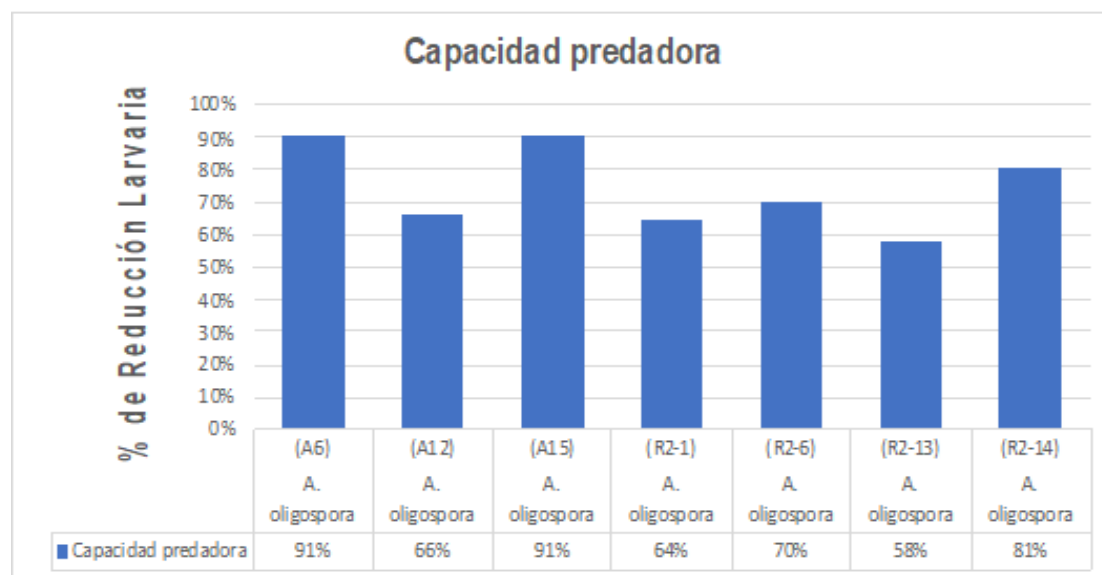


Figura 1. Actividad predadora *In vitro* de los hongos evaluados.

El análisis estadístico demostró diferencias entre las distintas cepas de *A. oligospora* ($p < 0.05$); y en la prueba de separación de medias de Duncan se determinó que las cepas de los hongos *A. oligospora* A15 y A6 fueron más activas contra las L3 del nematodo hematófago *H. contortus* de ovinos con respecto a los otros aislamientos evaluados, siendo las cepas R2-1 y R2-13 de *A. oligospora* las que demostraron menor tasa de depredación (Cuadro 1).

En México se ha reportado una gran variedad de hongos nematófagos depredadores, entre los que se encuentra *A. oligospora* (Mendoza de Gives et al., 1994). Anteriormente, este hongo se había registrado y reportado en Morelos, Veracruz, Hidalgo y en el Distrito Federal.

En un estudio llevado a cabo en Costa Rica (Soto et al., 2011), cepas de *A. oligospora* fueron enfrentadas a NGI de ovejas y cabras, lo que dio un porcentaje máximo de captura del 96 % y mínimo del 36 % frente a nematodos de ovejas, y 94 % como máximo y 61% mínimo frente a nematodos de cabras.

Cuadro 1. Separación de las medias de Duncan de la actividad predatora de los aislamientos evaluados.

Hongo	Cepas	Promedio
<i>A. oligospora</i>	A15	92.00 ^a
	A6	91.40 ^a
	R2-14	77.60 ^b
	R2-6	72.10 ^{bc}
	A12	68.70 ^{cd}
	R2-1	66.00 ^{de}
	R2-13	60.80 ^e

4. Conclusiones

Dos de los siete cepas evaluadas *in vitro* del hongo nematófago *A. oligospora* lograron reducir más del 85% de los conteos de larvas infectantes (L3) de *H. contortus* en ovinos. La alta capacidad nematófaga *in vitro* de las cepas A6 y A15 de *A. oligospora* sugiere que podrían ser buenos candidatos para ser empleados como agentes de control biológico de los NGI en la ganadería de la zona, siempre y cuando esta estrategia biotecnológica sea previamente evaluada en condiciones *in vivo*. El presente estudio abre el camino para futuras investigaciones sobre estrategias no químicas de control de los parásitos en producción ovina que se mantienen bajo un sistema de pastoreo en la región, señalando la posibilidad de prevenir su infección mediante el empleo de hongos nematófagos.

Agradecimientos

Los resultados forman parte de la estancia posdoctoral del primer autor, mediante la beca PRODEP para el fortalecimiento de Cuerpos Académicos por la Universidad Autónoma de Querétaro (México) (2018-2019).

Referencias Citadas

- Arroyo-Balán, F., Landeros-Jaime, F., González-Garduño, R., Cazapal-Monteiro, C., Arias-Vázquez, M. S., Aguilar-Tipacamú, G., Esquivel-Naranjo, E. U., & Mosqueda, J. (2021). High Predatory Capacity of a Novel *Arthrobotrys oligospora* Variety on the Ovine Gastrointestinal Nematode *Haemonchus contortus* (Rhabditomorpha: Trichostrongylidae). *Pathogens*, 10: 815-825.
- Cooke, R. C., & Godfrey, B. E. S. (1964). A key to the nematode destroying fungi. *Transactions in British Mycology Society*, 47: 61-74.

- Köler, P. (2001) The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*, 31: 336-345.
- Mendoza de Gives, P., Flores Crespo, J., Herrera Rodríguez, D., Vazquez Pratz, V., Liebano Hernández, E., & Ontiveros Fernández, G. E. (1998). Biological control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces by administering an oral suspension of *Duddingtonia flagrans* chlamydospores to sheep. *Journal of Helminthology*, 72: 343-347.
- Soto, N., Oliveira, J., Vega, R., Montero, D., Vargas, B., Hernández, J., & Orozco, C. (2011). *In vitro* predatory activity of nematophagous fungi from Costa Rica with potential use for controlling sheep and goat parasitic nematodes. *Revista de Biología Trópic*, 59: 37-52.

Evaluación fisiológica de plántulas de pitahaya (*Hylocereus* spp) en sistemas BIG, *in* y *ex vitro* con fotoperiodo

Gabriela Hernández-Hernández^{1,*}, Genaro Pérez-Jiménez²

Resumen. En el presente estudio se evaluó la eficiencia de los sistemas de germinación en condiciones de un sistema de inmersión por gravedad (BIG), en cultivo *in* y *ex vitro*, en pitahaya (*Hylocereus* spp), con fotoperiodo de iluminación LED (rojo, azul, verde y fluorescente). Se utilizaron semillas de pitahaya colectadas en el municipio de Tehuacán, Puebla. El medio de cultivo fue MS al 30%, sin agar, más 0.5 mg L⁻¹ de AG3 (ácido Giberelico) y piridoxina (vitamina B6) 0.3 mg L⁻¹. El diseño experimental fue el de bloques completamente al azar generalizado. Los resultados de viabilidad indicaron que el sistema BIG adicionado a la luz fluorescente y roja mostraron un mayor porcentaje de germinación 93.75 % y 81.25 %, respecto al testigo, conforme a los parámetros de calidad, la longitud de raíz fue superior en condiciones de medio líquido para cualquier espectro de iluminación, para el caso de amplitud foliar el sistema BIG mostró mejores resultados a la longitud de cotiledones en un espectro de luz roja. EL sistema BIG resulto ser una herramienta eficiente en la estimulación de variables que mejoran la calidad de plántula, puesto que cada espectro estimulo ciertos órganos específicos se recomienda alternar espectros de iluminación en el desarrollo de plántulas para obtener alta calidad fisiológica.

Palabras clave: Cultivo *in Vitro*, BIG, LED, *Hylocereus*.

Abstract. In this study, the efficiency of germination systems was evaluated under conditions of a gravity immersion system (BIG) in both *in vitro* and *ex vitro* cultures of dragon fruit (*Hylocereus* spp), using LED lighting with different photoperiods (red, blue, green, and fluorescent). Pitahaya seeds collected in the municipality of Tehuacán, Puebla, were used. The culture medium consisted of 30% MS without agar, supplemented with 0.5 mg L⁻¹ of AG3 (Gibberellic acid) and 0.3 mg L⁻¹ of pyridoxine (vitamin B6). The experimental design employed was completely randomized blocks. The viability results indicated that the BIG system, combined with fluorescent and red light, exhibited a higher percentage of germination (93.75% and 81.25%, respectively) compared to the control. Regarding quality parameters, root length was found to be higher in liquid medium conditions, regardless of the lighting spectrum. In terms of leaf amplitude, the BIG system demonstrated better results, particularly in cotyledon length under a red-light spectrum. The BIG system proved to be an efficient tool in stimulating variables that enhance seedling quality, as each spectrum stimulated specific organs. It is recommended to alternate lighting spectra during seedling development to achieve high physiological quality.

Keywords: *in vitro* culture, BIG, LED, *Hylocereus*

¹Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, Tecnológico Nacional de México, Tlaxcala, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CESMAR, Puebla, México.

*Autor para la correspondencia: hernandezgabriela@itat.edu.mx

1. Introducción

El cultivo de tejidos *in vitro* contribuye a la propagación masiva de especies con importancia económica que permiten obtener material vegetal representativo de la variabilidad genética; siendo un método generador de plántulas en un corto tiempo y espacios reducidos (Pérez et al., 2011).

El empleo de medios líquidos es primordial para lograr la automatización de los procesos de cultivo *in vitro* (Chávez et al., 2018), sin embargo, el contacto constante de los explantes con el medio provoca efectos negativos sobre los tejidos de los brotes, bien sea por hiperhidricidad o hipoxia (Pérez et al., 2012); al respecto, para reducir o eliminar este problema se proponen sistemas donde el explante esté en contacto intermitente con el medio líquido y se produzca una renovación continua de la atmósfera del envase para evitar acumulación de gases tóxicos como el etileno.

El uso de biorreactores de inmersión por gravedad (BIG) se han convertido en una eficiente herramienta para la micropropagación, debido a que incrementa la multiplicación y mantiene la pureza genética de los explantes, además, es posible controlar los tiempos de inmersión y reducir los problemas frecuentes en sistemas de cultivo en medios líquidos (Stefano, 2020), el sistema BIG tiene entre otras ventajas: bajo costo, capacidad variable y uso de una sola válvula, permitiendo con ello disminuir los gastos de inversión y electricidad del sistema neumático (Casierra et al., 2010).

Stefano (2020) reportaron un estudio de comparación de los sistemas BIG, BIT (Biorreactor de inmersión temporal) y RITA (recipientes de inmersión temporal automatizados), en la micropropagación de caña de azúcar, todos los brotes provenientes de esos tratamientos mostraron crecimiento, formación de raíces y un 98% de supervivencia en la etapa de aclimatación, sin embargo, el sistema BIG obtuvo mayor ventaja al ser un sistema con mejores resultados en la calidad de multiplicación y fácil acceso. Además del sistema de incubación, también es importante modular la composición espectral, intensidad, dirección y fotoperiodo ya que son aspectos que cambian y afectan el crecimiento del explante debido a la excitación que perciban los fotorreceptores contenidos en los tejidos activos de crecimiento (Stefano, 2020; Montiel, 2016).

Estudios realizados en *Oncidium tigrinum* y *Laelia autumnalis* por Murillo et al. (2016) muestran que la luz blanca reduce la longitud y la materia fresca de las plántulas de *L. autumnalis*. pero aumenta el contenido de pigmentos fotosintéticos y promueve su enraizamiento, mientras que la iluminación de plántulas de *O. tigrinum* con mayor proporción de luz roja con respecto a la azul inhibió el enraizamiento. A pesar de las recientes investigaciones en el uso de los BIG y la iluminación artificial LED, la información en correlación de estos factores aun es escasa, por tal motivo el presente estudio tiene como objetivo evaluar la respuesta fisiológica de plántulas de pitahaya en interacción con medio de cultivo líquido y solido en tres sistemas de incubación adiccionalado a espectros de iluminación LED.

2. Materiales y Métodos

El experimento se estableció en los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo experimental San Martinito (CESMAR), localizado en el municipio de Santa Rita Tlahuapan, Puebla.

Se colectaron frutos de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en el municipio de Tehuacán, Puebla; posteriormente los frutos se llevaron a laboratorio para identificar y extraer el material seminal. La selección de semillas fue visual a la calidad física, sin daños mecánicos o patológicos (Figura 1).

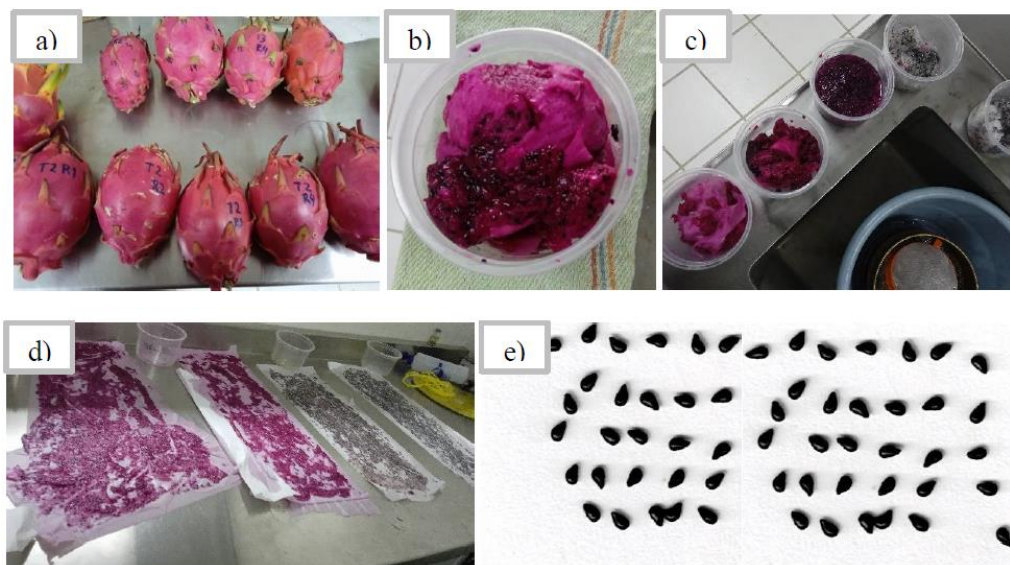


Figura 1. Extracción de semilla de pitahaya, a) colección de frutos, b) extracción de pulpa, c) lavado de pulpa con agua corriente, d) secado de pulpa, e) colección de semilla. Fuente: elaboración propia.

Ensamble de sistema de inmersión por gravedad. El sistema BIG estuvo compuesto por dos frascos de cultivo de 250 mL de capacidad, uno para el crecimiento de brotes y otro como reservorio de solución compuesta. Los frascos de cultivo se conectaron entre sí por una manguera de silicona de seis milímetros de diámetro mediante conectores que atravesaron la parte baja de los frascos.

El medio de cultivo circuló de un frasco a otro en dependencia de la gravedad. La presión del aire fue proveniente de un compresor de la marca TRUPER® de 2 hp de potencia que fue conectado a un temporizador programable de la marca VOLTECK® a un minuto cada ocho horas de frecuencia de inmersión, a la entrada de los frascos de cultivo y en cada tapa se colocaron filtros hidrofóbicos (0,22 μm , MIDISART® 2000, de la compañía SARTORIUS) para garantizar la esterilidad del aire.

Establecimiento *ex vitro* de germinación. Se establecieron semillas de pitahaya previamente seleccionadas y caracterizadas (Figura 2), colocando 100 semillas en cada caja Petri de plástico, con una base de papel absorbente para mantener la humedad, esto en seis repeticiones por cuatro tratamientos tal como se muestra en la Figura 3.

Tratamientos *in vitro*. Se utilizó el medio de cultivo propuesto por Murashige y Skoog al 30%, sin agar, más 0.5 mg L⁻¹ de AG3 (ácido Giberelico) y piridoxina 0.3 mg L⁻¹. Se usaron frascos de cultivo con capacidad de 250 mL de volumen total y se dosificó un volumen de tan solo 120 mL de medio de cultivo.

Acondicionamiento de cámaras de incubación. Se habilitaron cámaras con luz LED (figura 3), en espectros de color rojo, azul, verde y un testigo con luz fluorescente como testigo; se utilizó un fotoperíodo de 16 horas de luz y ocho horas de oscuridad, programado por un temporizador Steren®, se calculó el flujo de fotones fotosintéticos (DFFF) con un luxómetro (Steren®, modelo HER-408) donde se obtuvo que para el espectro rojo fue de 63.1 Lu m⁻², azul de 40.9 Lu m⁻², verde 26.7 Lu m⁻² y el testigo de 65.1 Lu m⁻², la temperatura dentro de cada cámara de ambiente se mantuvo constante entre 19 °C \pm 3 °C.

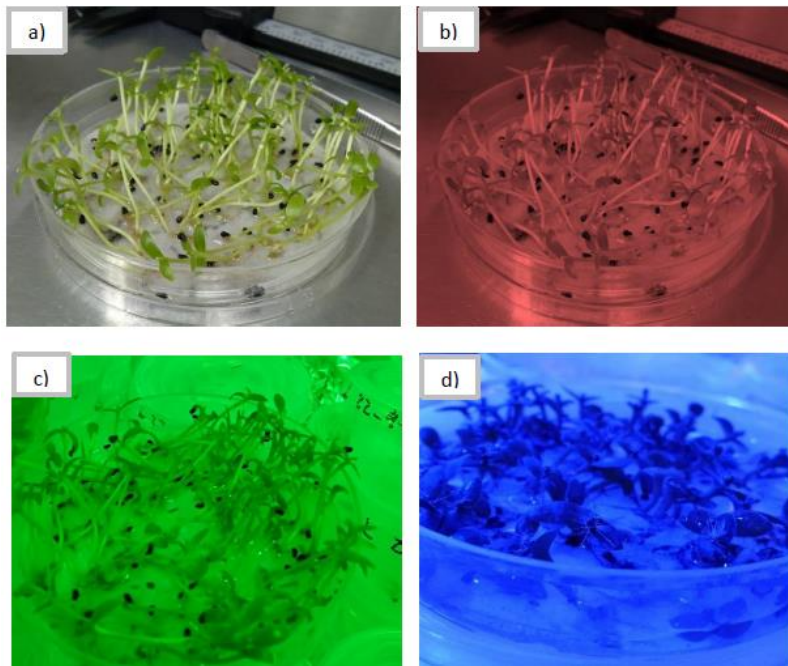


Figura 2. Establecimiento *ex vitro* de pitahaya; a) plántulas de pitahaya expuesta a la luz fluorescente b) Plántulas de pitahaya expuestas a luz roja, c) plántulas de pitahaya expuestas a luz verde, d) plántulas de pitahaya expuestas a luz azul.

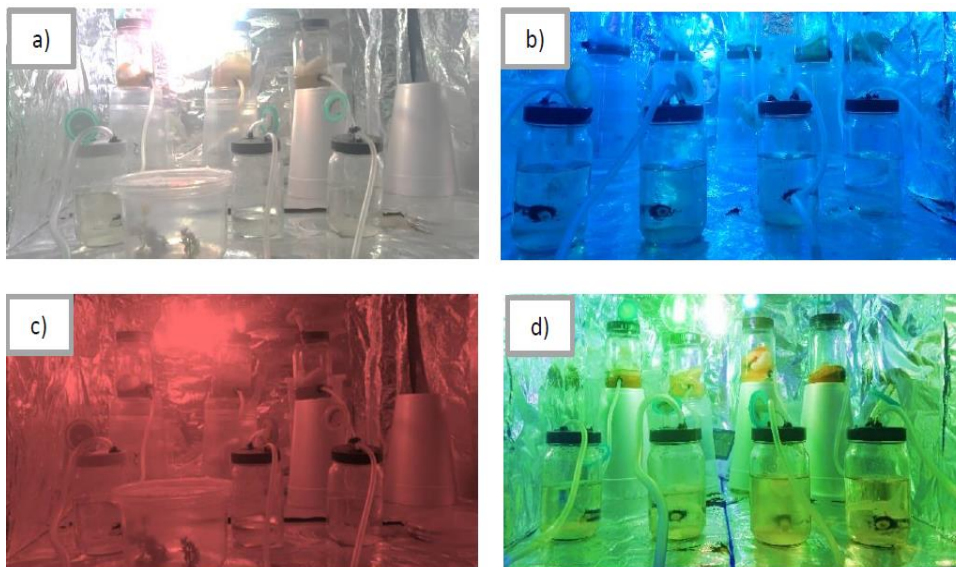


Figura 3. Establecimiento del BIG en cámaras de iluminación LED: A); luz fluorescente, B): luz azul, c); luz roja, d) luz verde.

Diseño experimental y manejo de variables. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar generalizado, con un arreglo factorial 4 x 3, con seis repeticiones por cada

tratamiento; la variable de viabilidad fue germinación misma donde los datos se transpolaron y resumieron en cuatro fechas. Las variables fisiológicas se determinaron en plántulas de BIG; 53 días, *in vitro*; 64 días, *ex vitro*; las variables a evaluar fueron: longitud de la raíz (LR), longitud del tallo (LT), longitud de los cotiledones (LC), diámetro del tallo (DT), peso de la raíz (PR), peso del tallo (PT), peso del cactus (PC), además se integró la fórmula eficiencia lumínica (EL) tal como se describe a continuación: $EL: [PC(KWh^{-1})] PFPg$ $PC: [CE(KW)][HLh^{-1}]$. Donde: EL: eficiencia lumínica; PFP: peso fresco de la plántula; PC: potencial de consumo; CE: consumo energético; HL: horas luz. Los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) por factor y un análisis combinado utilizando el procedimiento GLM del S.A.S. (Statistical Analysis System, Ver. 9.4); donde se mostraron diferencias estadísticas se realizó una comparación múltiple de medidas con la prueba de Tukey, en un nivel de significancia del 95%.

3. Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) mostraron que la viabilidad expresada en GER (cuadro 1), mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0005$) en la interacción de luz por sistema (LxS). Las variables fisiológicas en respuesta a la luz LED mostraron valores altamente significativos en DT, EL y valores significativos en LR, LC, PC, así como, en los efectos fisiológicos en reacción con el sistema de incubación en donde se observaron valores significativos en todas las variables.

En la interacción luz por sistema (LxS) todas las variables puestas en estudio mostraron diferencias altamente significativas dado que el crecimiento de plantas en ambientes controlados depende de la luz, temperatura y medio establecido para un óptimo desarrollo; respecto a lo anterior, se muestra fiabilidad de la comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas al ajustarse a un coeficiente de determinación superior al 0.5 para todas las variables determinadas, en la respuesta de significancia entre la interacción con luz y consistencia del medio, en diversas investigaciones se ha mostrado la influencia de la luz, como factor para controlar morfogénesis y crecimiento en plantas (Folta, 2004; Ding et al., 2010; Johkan et al., 2012).

Cuadro 1. ANOVA efectos de la interacción sistemas de incubación y diferente luz LED en plántulas de pitahaya

CM \bar{t}							
V	Media	Luz	Sistema	LxS	Error	R ²	CV ϕ
Ger	2.078	10.265	12.65	1.429 *	0.84	0.72	44.86
VARIABLES FISIOLÓGICAS							
LR	10.24	284.75*	1141.2*	206.28**	30.08	0.7	53.56
LC	13.11	36.61*	9.46ns	9.29**	3.012	0.5	13.23
DT	1.35	2.23**	5.54*	0.05**	0.055	0.84	17.27
PC	4.81	66.34*	1654.81*	66.36**	0	0.99	0.25
EL	19.14	1150**	24927.6*	1152.2**	31.5	0.96	29.32

CM \bar{t} : cuadrados medios; CV ϕ : coeficiente de variación; R²: Coeficiente de determinación; *: significativo ($p < 0.0005$); **: altamente significativo ($p < 0.0001$); ns: no significativo al ($p \leq 0.5$). LR: longitud de la raíz; LC: longitud de los cotiledones; DT: diámetro del tallo; PC: peso de las cotiledóneas; EL: eficiencia lumínica; LF: luz fluorescente; LR: luz roja; LA: luz azul; LV: luz verde.

La Figura 4 muestra el porcentaje de germinación seis días después de la siembra, donde se observó que el 45.8 % se registró en LR, dato superior a los demás sistemas, sin embargo, a los 11 días después de la siembra se notó un incremento en el sistema BBL 93.75 %, BRL 81.25 %, BAL 75 %, BVL 81.25 %; en cuanto a LR 83 %, LA 66.6 %, LV 50 %, LM 83 %, LB 87.5 %, y en el SR 20.8 %, SA 8.3 %, SV 25 %, SM 4.1 %, y SB 8.3 %, de lo anterior, se mostró la eficiencia del porcentaje de germinación en el sistema BIG seguido por el medio líquido. En un estudio realizado con diferentes semillas de maleza se documentó un incremento de germinación en la luz roja, sin embargo, en la exposición al rojo lejano hubo inhibición al 50 % en comparación con la luz blanca (Achicanoy & López, 1972).

Al final de la prueba se observó que todos los tratamientos expuestos a la luz roja presentan un porcentaje de germinación más alta, datos que confirman que la luz LED y la consistencia del medio son factores determinantes en esta fase, los datos reportados están de acuerdo con otros autores que indican que la luz roja promueve la germinación de las semillas (Jha et al., 2010).

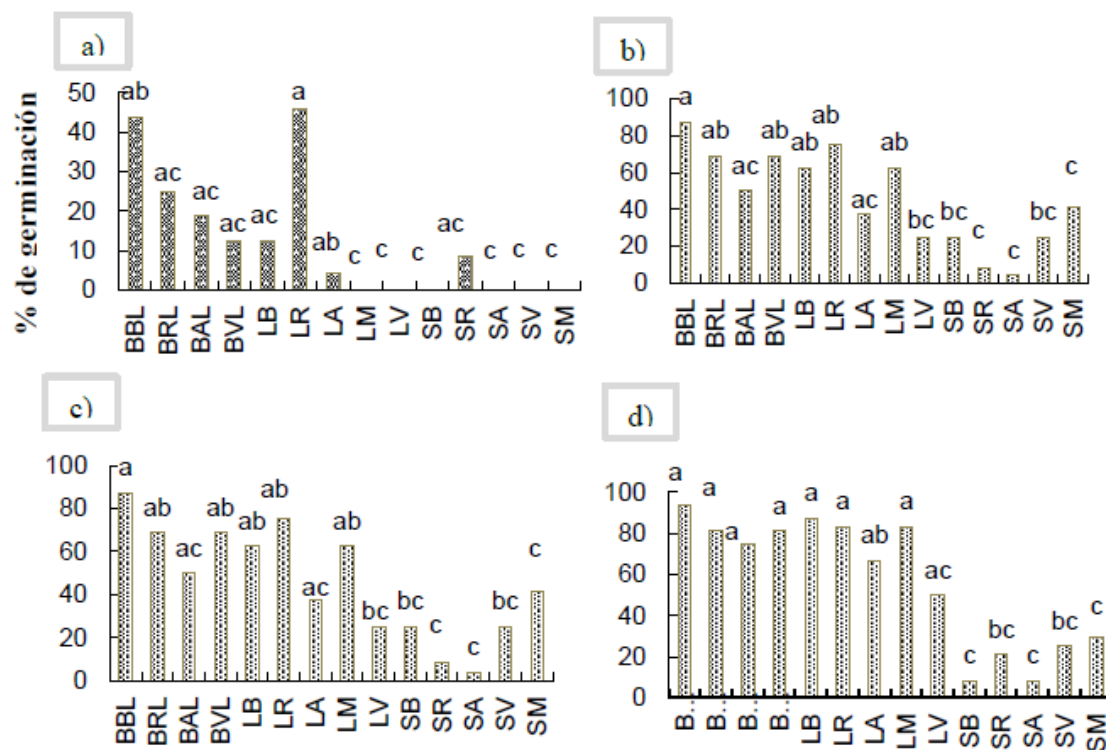


Figura 1. Comparación de medias por Tukey por fecha de muestreo. A): datos de la fecha 1; B); datos de la fecha 2; C); datos de la fecha 3; D); datos de la fecha 4; BBL: BIG luz fluorescente; BRL: BIG luz roja; BAL: BIG luz azul; BVL: BIG luz verde; LB: Medio líquido luz fluorescente; LR: medio líquido luz roja; LA: medio líquido luz azul; LM: medio líquido luz morada LV: medio líquido luz verde; SB: medio sólido luz fluorescente; SR: medio sólido luz roja; SA: medio sólido luz azul; SV: medio sólido luz verde; SM: medio sólido luz morada.

En la comparación múltiple de medias (Cuadro 2), se observó que la consistencia del medio de cultivo del sistema *ex vitro* mostró diferencia en el largo de cotiledones, muestra que indica, que el desarrollo bajo atmosferas beneficia el desarrollo foliar de las plántulas, así mismo, en cuanto a LIQ se describió un mayor crecimiento de raíz y peso de los cotiledones, de ello debido a que el sistema radical no muestra dificultades para su desarrollo al encontrarse en una solución de nutrientes sin necesidad de romper superficies para su desarrollo y expansión. Para el sistema BIG, los resultados mostraron un incremento en el diámetro del tallo, variable que indica presencia de vigor en las plántulas; con la integración de eficiencias lumínica se demuestra del aprovechamiento del fotosistema de plantas CAM, mismo que para el efecto del presente estudio se midió como la conversión de luz a materia seca donde el sistema BIG mostró las medias más altas en comparación a los demás tratamientos.

Cuadro 2. Efectos en la plántula de pitahaya bajo diferentes sistemas de incubación en comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.5$).

Data	LR (mm)	LC (mm)	DT (mm)	PC(g)	EL (H L h)
<i>ex vitro</i>	5.65b	13.54a	1.07b	0.01b	0.52b
LIQ	18.17a	12.39a	1.09b	14.40a	0.55b
BIG	6.89b	13.41a	1.91a	0.016b	56.36a
DMS*	3.80	1.20	0.16	0.00	3.89

DMS*: diferencia mínima significativa; valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$); LR: longitud de la raíz; LC: longitud de los cotiledones; DT: diámetro del tallo; PC: peso de las cotiledóneas; EL: eficiencia lumínica; BIG: Biorreactor de inmersión por gravedad; LIQ: cultivo *in vitro* en medio líquido.

La respuesta fisiológica de plántulas de pitahaya en exposición a luz LED demostró que el crecimiento de la raíz y la eficiencia lumínica fue superior en exposición a luz roja, de lo anterior resultados de Lee et al. (2016) demostraron que el espectro rojo aumenta la biomasa de las raíces de plántulas de *Paphiopedilum* en comparación con la luz blanca fluorescente y azul. En el largo de cotiledones se observó un mayor crecimiento en la luz verde datos similares a los reportados por Folta (2004) en donde demostró que la luz verde estimula la elongación temprana del tallo en flores *Arabidopsis*. El desarrollo del tallo mantuvo un mayor diámetro en exposición a la luz azul, ya se tenía registrado en plántulas de especie *Oncidium* que la exposición a la luz azul incrementó la concentración de pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b y total) y la biomasa (Mengxi et al., 2011) realizan inferencia en que el espectro que mejor vigor genera son los espectros que se encuentran en 490 nm que corresponde al color azul.

El comportamiento entre la interacción de la consistencia de los medios de cultivo y el efecto por fotoperiodo se resume en el Cuadro 4. Lo que corresponde a longitud de raíz fue superior en condiciones de medio líquido para cualquier espectro de iluminación, y para variables correspondientes a calidad de plántula fueron en el sistema BIG en distinto espectro de luz, dado que la mejor longitud de cotiledones fue obtenida en un espectro de luz roja, mientras que el diámetro de tallo fue en luz azul, y la eficiencia lumínica en espectro de luz verde. Lo anterior, muestra que no hay un efecto generalizado en la potencialización de la fisiología de plántulas de pitahaya y que cada espectro modifica de forma específica cada órgano, Chen et al (2014) mencionan que la calidad de la

luz afectó el metabolismo y la distribución de fitohormonas en plantas de rábano (*Raphanus sativus*) y plántulas de patata (*Solanum tuberosum*) cultivadas in vitro.

Cuadro 3. Influencia de luz LED en plántula de pitahaya ($p \leq 0.5$).

Espectros de luz	LR (mm)	LC (mm)	DT (mm)	PC (g)	EL (H L h)
LF	13.11 ^a	12.5 ^b	1.34 ^b	7.69 ^a	19.09 ^b
LR	4.35 ^b	14.27 ^a	1.2 ^{bc}	3.85 ^b	26.51 ^a
LA	11.63 ^a	11.39 ^b	1.85 ^a	3.85 ^b	8.05 ^c
LV	11.86 ^a	14.29 ^a	1.03 ^c	3.84 ^b	22.93 ^{ab}
DMS	4.83	1.52	0.20	0.01	4.94

DMS*: diferencia mínima significativa; valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$); LR: longitud de la raíz; LC: longitud de las cotiledóneas; DT: diámetro del tallo; PC: peso de las cotiledóneas; EL: eficiencia lumínica; LF: luz fluorescente; LR: luz roja; LA: luz azul; LV: luz verde; LIQ: cultivo in vitro en medio líquido.

Cuadro 4. Interacción sistema de incubación bajo el efecto de diferente iluminación LED en plántula de pitahaya por comparación de medias por Tukey general ($p \leq 0.5$)

	LR (cm)	LC (cm)	DT (cm)	PP (g)	PC (g)	EL (H L h)
Testigo						
<i>ex vitro</i>	5.05 ^c	12.45 ^{ac}	1.10 ^e	3.35 ^a	0.015 ^c	0.77 ^d
LIQ	24.68 ^a	13.08 ^{ab}	0.96 ^c	4.50 ^a	23.04 ^a	1.03 ^d
BIG	9.59 ^{bc}	11.96 ^{bc}	1.97 ^b	3.26 ^a	0.01 ^c	55.47 ^b
Luz Roja						
<i>ex vitro</i>	3.01 ^c	14.01 ^{ab}	0.98 ^e	4.01 ^a	0.015 ^c	0.46 ^d
LIQ	4.58 ^c	12.96 ^{ab}	0.98 ^e	3.43 ^a	11.52 ^b	0.39 ^d
BIG	5.46 ^c	15.85 ^a	1.63 ^{bc}	3.56 ^a	0.01 ^c	78.68 ^a
Luz Azul						
<i>ex vitro</i>	11.71 ^{bc}	12.55 ^{ac}	1.46 ^{cd}	3.88 ^a	0.02 ^c	0.44 ^d
LIQ	17.61 ^{ab}	9.35 ^c	1.65 ^{bc}	3.48 ^a	11.52 ^b	0.40 ^d
BIG	5.58 ^c	12.27 ^{bc}	2.44 ^a	3.43 ^a	0.02 ^c	23.30 ^c
Luz Verde						
<i>ex vitro</i>	2.83 ^c	15.15 ^{ab}	0.73 ^e	3.75 ^a	0.015 ^c	0.38 ^d
LIQ	25.80 ^a	14.18 ^{ab}	0.76 ^e	3.31 ^a	11.52 ^{bc}	0.40 ^d
BIG	6.94 ^{bc}	13.56 ^{ab}	1.61 ^{bc}	4.65 ^a	0.006 ^c	67.98 ^a
DMS*	10.76	3.40	0.46	1.44	0.024	11.02

DMS*: diferencia mínima significativa; valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$); Lr: largo de la raíz; LC: largo de las cotiledóneas; DT: diámetro del tallo; PP: peso fresco de la plántula; PC: peso de las cotiledóneas; EL: eficiencia lumínica; BIG: Biorreactor de inmersión por gravedad; LIQ: cultivo in vitro en medio líquido; LF: luz fluorescente.

4. Conclusiones

En el presente estudio se mostró la eficiencia del biorreactor de inmersión por gravedad ya que se obtuvo un mayor porcentaje de semillas germinadas y con mejor calidad física. El sistema BIG y el medio líquido expuestos a la luz LED roja son óptimos para la germinación de semilla de pitahaya,

asimismo se mostró una alta eficiencia lumínica en tratamientos expuestos a la luz LED roja, la mejor longitud de cotiledones se mostró en el espectro rojo y el mayor diámetro de tallo en la luz azul. Es necesario entender y separar los cambios fisiológicos inducidos por las distintas longitudes de onda de luz, con el fin de lograr ampliar el conocimiento acerca de la fotomorfogénesis en el cultivo *in vitro* de pitahaya.

Agradecimientos

Los autores agradecemos el apoyo al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por permitirnos usar los laboratorios, para el establecimiento del experimento.

Referencias Citadas

- Achicanoy, H. G., & López, G. (1972). Influencia de la luz sobre la germinación de semillas de maleza de clima frío. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 4: 17-37.
- Casierra, P. F., Peña Olmos, J. E., & Villarreal, A. (2010). Crecimiento y producción de *Gypsophila paniculata* en respuesta al termoperiodo confinamiento y despunte. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4: 209-222.
- Chávez, G. J. A., Andrade R. M., Juárez L. P., Villegas T. O. G., Sotelo N. H., & Perdomo R. F. (2018). Evaluación de tres sistemas de cultivo *in vitro* para la multiplicación de microcormos de gladiolo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41: 551-554.
- Chen, C. C., Huang, M. Y., Lin, K. H., Wong, S. L., Huang, W. D., & Yang, C. M. (2014). Effects of light quality on the growth, development and metabolism of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). *Research Journal of Biotechnology*, 9: 15-24.
- Ding, Y., He, S., Teixeira da S., J. A., Li, G., & Tanaka, M. (2010). Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 125: 167-169.
- Folta, K. M. (2004). Green light stimulates early stem elongation, antagonizing light mediated growth inhibition. *Plant physiology*, 135: 1407-1416.
- Jha, P., Norsworthy, J. K., Riley, M. B., & Bridges, W. (2010). Annual Changes in Temperature and Light Requirements for Germination of Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) Seeds Retrieved from Soil. *Weed Science*, 58: 426-432.
- Lee, M. J., Son, K. H., & Oh, M. M. (2016). Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 57(2): 139-147.
- Mengxi, L., Zhigang, X., Yang, Y., & Yijie, F. (2011). Effects of different spectral lights on *Oncidium* PLBs induction, proliferation, and plant regeneration. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 106(1): 1-10.
- Montiel, L., Enríquez, J., & Cisneros, A. (2016). Propagación *in vitro* de *Hylocereus monacanthus* (Lem.) Britton y Rose. *Artículo Original Biotecnología Vegetal*, 16:113-123.
- Murillo, T., M. M., Pedraza S., Gutiérrez R, N., M. E., Rodríguez Mendoza, M. de las N., Lobit, P., & Martínez-Palacios, A. (2016). Calidad de la luz led y desarrollo *in vitro* de *Oncidium tigrinum* y *Laelia autumnalis* (Orchidaceae). *Agrociencia*, 50: 1065-1080.
- Pérez, M. B., Vega, V. M., Gálvez, E. O., & Delgado, M. T. (2012). Empleo de Sistemas de Inmersión Temporal como alternativa para la multiplicación *in vitro* del cultivar de plátano vianda INIVITPV06-30' (Musa AAB) Use of Temporary Immersion Systems as an alternative for the *in vitro* propagation of the plantain culti. 12: 53- 5.
- Perez, N. A., (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo *in vitro*. *Revisión de literatura. La Biotecnología vegetal*. 11: 79-86.

Stefano, V. R. Z. (2020). Efecto de diferentes tipos de luz en el crecimiento de plantas *in vitro*: Revisión de Literatura. *Agrícola Panamericana*, 25.

Fecha de siembra, densidad de población y rendimiento de girasol en clima cálido

José Alberto Salvador Escalante-Estrada^{1,*}, Yolanda Isabel Escalante-Estrada², Cid Aguilar-Carpio¹

Resumen. El girasol ha retomado interés económico en México. En clima cálido pueden realizarse varias siembras al año, lo que elevaría la biomasa total (BT) y rendimiento en grano (RG) anual, que estaría en función de la fecha de siembra (FS) y densidad de población (DP). Los objetivos del estudio fueron determinar en la BT, índice de cosecha (IC), RG y sus componentes del girasol: a) el efecto de la DP en cada FS; b) el efecto de la FS; c) la producción anual de BT y RG. La siembra del cultivar Victoria Mejorado fue en Iguala, Guerrero, México, de clima cálido, el 16 de marzo (M16, con riego) y el 3 de junio (J3, régimen de lluvia) de 2014, con 5, 7.5 y 10 plantas m⁻². La BT, IC, RG, número de granos (NG), tamaño de grano (TG) y área del capítulo (AC) fueron afectados por la FS y a excepción del IC por la DP. Con la FS del M16 y al aumentar la DP se logró la mayor BT y RG mientras que el AC disminuyó. Con M16 y 10 plantas m⁻², se obtuvo los valores más altos. El RG anual fue de 933 g m⁻².

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., Biomasa, Rendimiento en Grano, Número de Granos, Área del Capítulo.

Abstract. The sunflower has regained economic interest in Mexico. In warm weather, several sowings per year can be carried out, which would increase the total biomass (TB) and annual yield in grain (GY). This increase would be a function of the sowing date (SD) and population density (PD). The objectives of the study were to determine the TB, harvest index (HI), GY, and their components: a) the effect of DP on each SD; b) the effect of the SD; and c) the annual production of TB and GY. The planting of the Victoria Mejorado cultivar took place in Iguala Guerrero, Mexico, with a warm climate, on March 16 (M16, with irrigation) and on June 3 (J3, rainfall regime) in 2014, with 5, 7.5, and 10 plants m⁻². The TB, HI, GY, number of grains (GN), grain size (GS), and head area (HA) were affected by the SD and, with the exception of HI, by the PD. The highest TB and GY were achieved with the M16 SD and increasing PD, while the HA decreased. The highest values were achieved with M16 and 10 plants m⁻². The annual GY was 933 g m⁻².

Keywords: *Helianthus annuus* L., Biomass, Grain Yield, Grain Number, Head Area.

1. Introducción

El girasol (*Helianthus annuus* L.) por la diversidad de sus productos, propiedades nutricionales y medicinales ha retomado interés económico en México. Además, por su tallo, resistente al acame, podría ser utilizado como una espaldera viva para el frijol (Escalante-Estrada et al., 2014) y es una alternativa para mejorar los ingresos de los agricultores. En clima cálido como es el caso de Iguala Gro., pueden lograrse varias siembras al año, lo que elevaría la producción anual de esta oleaginosa. Además, la magnitud de dicha producción estaría en función del manejo del cultivo, en donde la fecha

¹Postgrado en Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados, Estado de México, México.

²Instituto de Investigación Científica. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo Guerrero México.

*Autor para la correspondencia: jasee@colpos.mx

de siembra (FS) y la densidad de población (DP) son determinantes (Escalante-Estrada et al., 2012). Estudios previos sobre DP para la región han sido reportados por Olalde et al. (2000). Por otra parte, el estudio sobre la producción anual ha sido escasamente atendida, por lo que generar conocimiento sobre el comportamiento del girasol bajo diferentes DP (Aguilar-García et al., 2005) en diferentes condiciones ambientales, que ocurren con la FS son determinantes para lograr mayor producción anual de BT (de importancia como forraje) y RG. Ante esto los objetivos del estudio fueron determinar: a) la biomasa, índice de cosecha, rendimiento en grano y sus componentes en girasol en función de la densidad de población en cada fecha de siembra; b) el efecto de la fecha de siembra sobre la BT y RG; c) la producción anual de BT y RG bajo diferentes DP.

2. Materiales y Métodos

Localidad y suelo. El estudio se realizó en Iguala, Guerrero, México (18° 25' N, 99° 35' O y 731 msnm) de clima cálido subhúmedo. El suelo, en sus primeros 30 cm del perfil es de textura franco-arcilloso, pH 7.5, sin problemas de salinidad (0.18 dS m⁻¹), 1.7 a 2.2% de materia orgánica (pobre), 45 kg de N-NO₃ y 14 ppm de fósforo (medio a alto).

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos consistieron en dos fechas de siembra (FS) en 2014, del cultivar Victoria mejorado de tipo aceitero el 16 de marzo (de riego, en total 7 con frecuencia semanal, M16) y el 3 de junio (bajo régimen de lluvia, 730 mm durante el ciclo, J3); con DP de: a) 5 plantas m⁻² (25*80 cm, DP5); b) 7.5 plantas m⁻² (33*40 cm, DP7); y 10 plantas m⁻² (25*40 cm, DP10) lo cual generó seis combinaciones de tratamientos. La fertilización fue de 100-100-00 Kg ha⁻¹ de N, P y K. Todo el fósforo y la mitad de N se aplicaron antes de la siembra y el resto a la primera escarda (40 días después de la siembra, dds). El diseño experimental fue de parcelas divididas con cuatro repeticiones. A la parcela mayor correspondió la FS y a la menor la DP. La unidad experimental consistió de 4 surcos de 5 m de longitud.

Elementos del clima y fenología. Se registró la temperatura máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}), la precipitación pluvial (PP, mm), los días a ocurrencia de fases fenológicas como la emergencia (E), floración (F, R5) y madurez fisiológica (MF, R9) de acuerdo con el criterio señalado en Schneiter & Miller (1981).

A la madurez fisiológica (cosecha). Se registraron la biomasa con base a materia seca (g m⁻², BT), el rendimiento en grano (g m⁻², RG), el índice de cosecha [(RG/BT) *100, IC]; tamaño del grano (g, mediante el peso de cien granos, TG), número de granos m⁻² (NG) y área del capítulo (cm²).

Análisis estadístico. A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza, la prueba de comparación de medias de Tukey y análisis de correlación y regresión para determinar el grado de dependencia entre variables, mediante el paquete SAS versión 9.3 (SAS, 2011).

3. Resultados y Discusión

Fenología y elementos del clima. Se observan diferencias en la ocurrencia de las fases fenológicas entre FS. En M16, la E ocurrió a los 7 dds, la floración a los 60 dds y la MF a los 110 dds. Para J3, E fue a los 4 dds, F a los 54 dds y MF a los 90 dds. El período reproductivo (F a MF) fue de 50 y 36 días, respectivamente. Esto se relaciona con una temperatura más baja durante el ciclo del girasol en M16. La temperatura mínima y máxima durante el desarrollo del cultivo osciló para M16 entre 20-22 °C y

33-38 °C; para J3 entre 21.5 y 25 °C; y 33 y 40 °C, respectivamente. Durante el ciclo del cultivo la lluvia fue de 730 mm.

Biomasa, índice de cosecha, rendimiento en grano y sus componentes. El ANDEVA para BT, RG, NG, y AC, muestra diferencias significativas por efecto de FS, DP y la interacción FS*DP (Cuadro 1). El TG y AC no mostraron efecto por la interacción. El IC mostró cambios significativos solamente por FS, el cuál fue más alto en la siembra de M16.

Efecto de la fecha de siembra y densidad de población. En relación al efecto de factores principales (DP y FS) presentados en el Cuadro 2, se observa que la BT, IC, RG, NG y AC de la siembra de M16, superó en 6, 7, 11, 8 y 17%, respectivamente a la siembra de J3. Así mismo, al elevar la DP de 5 a 7.5 y 10 plantas m⁻², la BT se incrementó en promedio de ambas FS en 19 y 33%; el RG en 21 y 39% y el NG en 31 y 72%, respectivamente. En contraste, el TG y el AC disminuyeron en 8 y 28%; y 7 y 30%, respectivamente. Tendencias semejantes fueron reportadas por Escalante-Estrada et al. (2020).

Efecto de la interacción fecha de siembra * densidad de población. En cuanto el efecto de interacción presentado en la Figura 1 se observa que la BT y RG más altos (1540 gm⁻² y 483 gm⁻², respectivamente) se encontraron con la siembra M16 y D10, seguido por la siembra J3 con D10. Los valores más bajos correspondieron a la siembra J3 con D5. El AC, no obstante que la interacción fecha de siembra por densidad de población no presentó cambios significativos al 5%, presentó el siguiente comportamiento, el IC se redujo al aumentar la DP en ambas FS. Con D5 se encontró los capítulos de mayor tamaño (AC más alta), y los de menor tamaño (AC más baja) con D10. En contraste, el NG se incrementó al elevar la DP en cada FS (Figura 2). El RG encontrado en este estudio, supera al mencionado para la reportada para el Estado de Tlaxcala (promedio de 2.0 y 3.5 toneladas en sistema de temporal y riego, respectivamente (García, 2004).

Ecuaciones de regresión y correlación. En el Cuadro 3 que presenta las ecuaciones de regresión y el coeficiente de determinación (R²) correspondiente a la respuesta a la DP en cada FS, se observa que fue de tipo lineal ($Y = A + B X$) para la BT, RG y NG con un R² de 0.98, que indica que los cambios en estas variables están determinados en 98%, por cambios en la DP. Para el AC fue del tipo exponencial negativa ($Y = AXB$), lo que indica que el aumento en DP disminuye al AC. Por otra parte, las variables de mayor correlación con el RG fueron la BT ($r = 0.93^{**}$) y el NG ($r = 0.90^{**}$). Mientras que el AC mostró una correlación negativa no significativa ($r = -0.66$) con el RG. Finalmente estos resultados indican que, la mayor BT, IC, RG, TG, NG y AC de la siembra de M16, fue determinada por una temperatura más baja (Benacchio, 1982) y mayor disponibilidad de agua debido al riego. No obstante que en la siembra de J3, el cultivo contó con 730 mm de precipitación, la distribución de la misma, con el período de sequía intraestival que caracteriza dicho período, limitó una mayor expresión de dichas variables. Reportes indican que la temperatura alta afecta la producción de polen (Astiz & Hernández, 2013) en consecuencia limita la fertilización y en consecuencia el NG y el RG. Por otra parte, no obstante que, al elevar la DP, se observa una disminución en el AC del girasol debido a la competencia intraespecífica, que reduce el NG y RG por planta, dicha disminución se supera con un mayor número de plantas por unidad de superficie, que genera mayor BT y RG, tal como ha sido también reportado por Aguilar-García et al. (2005). Las condiciones más apropiadas de temperatura (Benacchio, 1982) y humedad disponible de la siembra de M16 condujeron a una mayor respuesta en BT y RG al utilizar DP más altas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la biomasa (gm^{-2} , BT), índice de cosecha (IC), rendimiento en grano (gm^{-2} , RG), tamaño de grano (g, TG), Número de granos m^{-2} (NG) y área del capítulo (cm^2 , AC) del girasol en función de la fecha de siembra (FS) y densidad de población (plantas m^{-2} , DP). Iguala, Guerrero. México

Factor	BT (gm^{-2})	IC (%)	RG (gm^{-2})	TG (g)	NG m^{-2}	AC (cm^2)
FS	**	*	**	**	**	**
DP	**	NS	**	**	**	**
FS*DP	**	NS	**	NS	**	NS

*, ** Probabilidad $F > 0.05$, 0.01 , respectivamente; NS = diferencias no significativas. FS = Fecha de siembra; DP = Densidad de población; FS*DP = Interacción FS*DP.

Cuadro 2. Biomasa (gm^{-2} , BT), rendimiento en grano (gm^{-2} , RG), tamaño de grano (g, TG), Número de granos m^{-2} (NG) y área del capítulo (cm^2 , AC) del girasol en función de la fecha de siembra (FS) y densidad de población (plantas m^{-2} , DP). Iguala, Guerrero. México

FS	DP (pls m^{-2})	BT (gm^{-2})	IC (%)	RG (gm^{-2})	TG (g)	NG m^{-2}	AC (cm^2)
M16		1344 a	30 a	402 a	0.058 a	6979 a	237 a
J3		1263 b	28 b	354 b	0.056 b	6435 b	202 b
	5	1131 c	29 a	320 c	0.064 a	4997 c	253 a
	7.5	1268 b	29 a	367 b	0.056 b	6549 b	209 b
	10	1512 a	29 a	446 a	0.052 c	8576 a	195 c
MG		1303	29	3778	0.057	6707	219

DP: Plantas por metro cuadrado. En columnas valores con letra similar son estadísticamente iguales según Tukey ($\alpha = 0.05$). M16 = siembra del 16 de marzo; J3 = siembra del 3 de Junio, MG: Media General.

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión y coeficiente de determinación (R^2) para biomasa (BT), rendimiento en grano (RG), número de granos (NG) y área del capítulo (AC) en girasol en función de la densidad de población para cada fecha de siembra. Iguala, Guerrero. México.

Variable	Ecuación de regresión	R^2
Biomasa (BT)	M16BT = 699 + 84 DP	0.99**
Biomasa (BT)	J3BT = 625 + 87 DP	0.99**
Rendimiento en grano (RG)	M16RG = 183 + 30 DP	0.99**
Rendimiento en grano (RG)	J3RG = 179 + 27 DP	0.99**
Número de granos (NG)	M16NG = 1090 + 806 DP	0.99**
Número de granos (NG)	J3NG = 1317 + 758 DP	0.99**
Área del capítulo (AC)	M16AC = 427 DP ^{-0.387}	0.96**
Área del capítulo (AC)	J3AC = 476 DP ^{-0.361}	0.87*

*, ** Probabilidad $F > 0.05$, 0.01 , respectivamente. M16 y J3, se refiere a la siembra de marzo 16 y junio 3, respectivamente; BT = biomasa total; RG = rendimiento de grano; NG = número de grano ; AC = área del capítulo o tamaño del capítulo; DP = densidad de población.

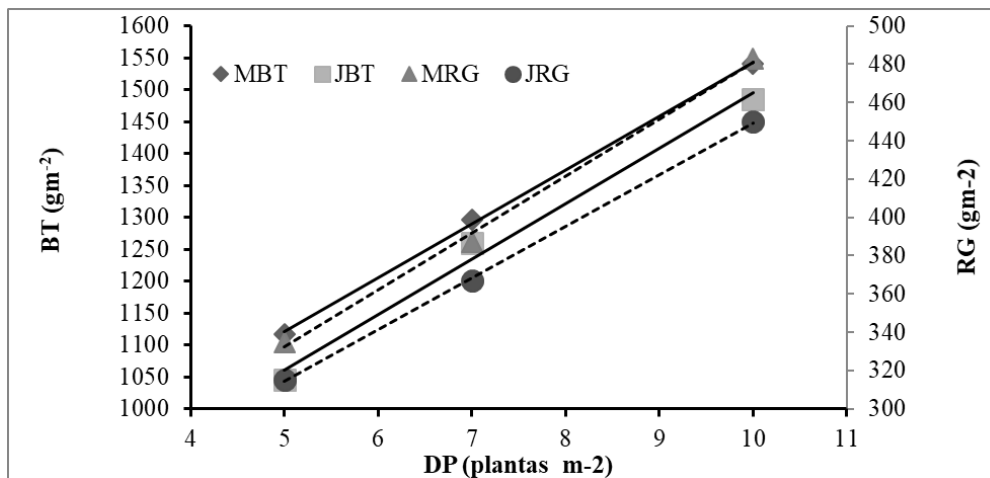


Figura 1. Biomasa (gm^{-2} , BT) y rendimiento en grano (g m^{-2} , RG) del girasol en función de la fecha de siembra (FS) y densidad de población (plantas m^{-2}). Iguala, Guerrero, México. M16 y J3 = siembra 16 marzo y 3 de junio, respectivamente. Líneas continuas indican biomasa y rendimiento en grano para siembra de marzo y junio; discontinuas para la biomasa y rendimiento de grano en siembra de marzo y junio, respectivamente.

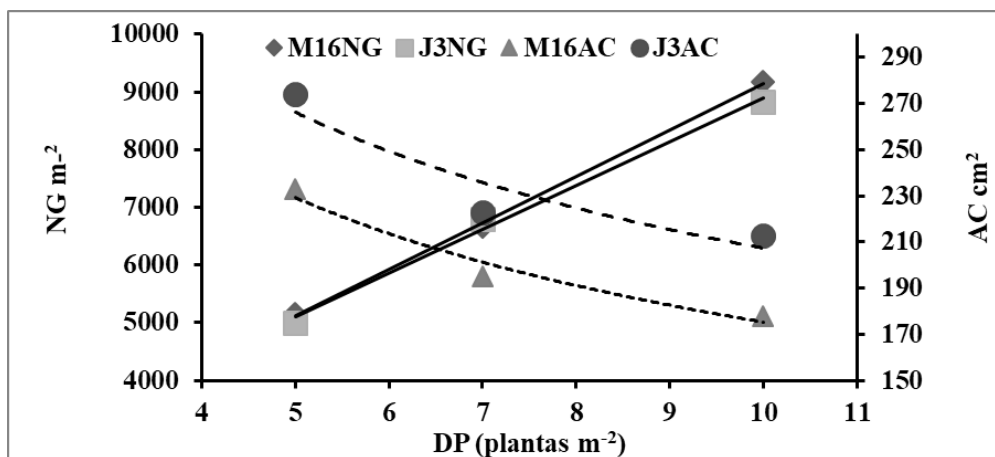


Figura 2. Número de granos m^{-2} (NG) y área del capítulo (cm^2 , AC) del girasol en función de la fecha de siembra (FS) y densidad de población (plantas m^{-2}). Iguala, Guerrero, México. M16 y J3 = FS 16 de marzo y 3 de Junio, respectivamente; NG = número de granos y AC = área del capítulo, respectivamente

Producción anual de girasol en clima cálido. En cuanto a la producción anual de girasol, se encontró que la mayor BT, RG y NG del cultivar Victoria Mejorado, se logró con la D10, siendo de 3025 g m^{-2} , 933 g m^{-2} y $17,993 \text{ granos m}^{-2}$, respectivamente. El TG y AC promedio fue de 0.052 g y 195 cm^2 . Datos del Estado de Tlaxcala donde se impulsa la siembra de girasol, indican un precio de la

semilla en 7 pesos con 20 centavos el kilogramo, lo que se traduce en 7 mil 200 pesos por tonelada, lo que indica que este cultivo puede ser una alternativa para mejorar el ingreso de los productores.

4. Conclusiones

La producción de biomasa, índice de cosecha, rendimiento en grano, número de granos, tamaño del grano y área del capítulo son afectados por la fecha de siembra y por la densidad de población, con la fecha de siembra del 16 de marzo de riego, se logra la mayor biomasa, índice de cosecha número de granos, tamaño de grano, área del capítulo y rendimiento de grano.

En ambas fechas de siembra, con el aumento en densidad de población, se logra una mayor producción de biomasa, número de granos y rendimiento en grano. Con la fecha de siembra del 16 de marzo y la densidad de 10 plantas por m², se obtiene la mayor biomasa, número de granos y rendimiento en grano en Iguala, Guerrero.

En ambas fechas de siembra, la respuesta en biomasa, número de granos a la densidad de población fue del tipo lineal positiva. En contraste, el área del capítulo presentó una tendencia que se ajusta a un modelo exponencial negativo. Existe una correlación alta entre el rendimiento en grano con la biomasa y el número de granos. La producción anual de biomasa y rendimiento en grano en esta región es cercana a 3,025 g m⁻² y 933 g m⁻², respectivamente, con datos experimentales.

Referencias Citadas

- Aguilar, G. L., Escalante, E. J. A., Tijerina, C. L., Engleman, E. M., & Fucikovsky, L. (2005). Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. *Terra Latinoamericana*, 23: 303-310.
- Astiz, V., & Hernández, L. F. (2013). Pollen production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) is affected by air temperature and relative humidity during early reproductive growth. *PHYTON*, 82: 297-302.
- Benacchio, S. S. (1982). Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP–Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Escalante-Estrada, J. A. S., Rodríguez-González, M. T., & Escalante-Estrada, Y. I. (2014). Rendimiento del girasol en función del cultivar de frijol en siembra asociada. *Ciencias Agrícolas Informa*, 23(1): 23-28.
- Escalante, E. J. A. S., Rodríguez-González, M. T., & Escalante-Estrada, Y. I. (2012). Modelos de crecimiento y rendimiento del girasol en función del nitrógeno y densidad de población. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya*, 4: 817-822.
- Escalante, E. J. A. S., Rodríguez-González, M. T., & Escalante-Estrada, Y. I. (2020). Distribución de biomasa y rendimiento en cultivares de girasol en función de la densidad de población y nitrógeno. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6: 1-6.
- García, E. (2004). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. UNAM. México, 217 p.
- Olalde, G. V. M., Escalante-Estrada, J. A., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Engleman, E. M., & Mastache-Lagunas, A. A. (2000). Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Revista Terra*, 18: 51-59.
- Schneiter A, & Miller J. F. (1981). Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21: 901-903.

Efectividad biológica de insecticidas naturales para el control *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

Edgardo Cortez-Moncada¹, Miguel Ángel López^{2,*}, Isabel López-Arroyo³

Resumen. *Diaphorina citri* Kuwayama, es un insecto que causa grandes pérdidas económicas en cultivos de cítricos, al alimentarse directamente de la savia de las plantas y ser vector del Huanglongbing, enfermedad considerada como la de mayor importancia económica. Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la efectividad biológica de seis insecticidas naturales, en tres concentraciones diferentes (50, 75 y 100%) sobre inmaduros del *D. citri* en limón Persa, en el norte del estado de Sinaloa. Los tratamientos fueron: 1. Extracto de nim + tierra de diatomeas, 2. Extracto de nim + aceite vegetal, 3. Sales potásicas, 4. Caolín, 5. Silicio y 6. *Burkholderia*. A las 48 y 168 horas después se realizaron lecturas de mortalidad. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y comparación de medias por diferencia mínima significativa ($\alpha=0.05\%$). A 48 horas, los tratamientos de *Burkholderia* en las tres concentraciones (50, 75 y 100%), causaron mayor mortalidad (36.9, 43.1 y 58.3%, respectivamente). Mientras que, a 168 horas, la mayor mortalidad se registró en el tratamiento de *Burkholderia* a concentración de 100% (79.9%), seguido por sales potásicas a una concentración de 100% (58.3%) y *Burkholderia* a una concentración de 50% (55.1%). Se concluye que el insecticida *Burkholderia* puede ser considerado dentro de un manejo integrado para *D. citri* en campo.

Palabras clave: Mortalidad, Ninfas, Tratamientos.

Abstract. *Diaphorina citri* Kuwayama is an insect that causes significant economic losses in citrus crops by feeding directly on the sap of the plants and acting as a vector of Huanglongbing, a disease considered to be the most economically important. Therefore, the objective of this study was to determine the biological effectiveness of six natural insecticides at three different concentrations (50%, 75%, and 100%) on immature *D. citri* in Persian lemon orchards in the northern region of the state of Sinaloa. The treatments used in the study were as follows: Neem extract + diatomaceous earth, Neem extract + vegetable oil, Potassium salts, Kaolin, Silicon, *Burkholderia*. Mortality readings were taken at 48 and 168 hours after the application of the insecticides. The data obtained were analyzed using analysis of variance, and mean comparison was done using the minimum significant difference ($\alpha=0.05\%$). After 48 hours, the *Burkholderia* treatments at all three concentrations (50%, 75%, and 100%) resulted in higher mortality rates (36.9%, 43.1%, and 58.3%, respectively). At 168 hours, the treatment with *Burkholderia* at a concentration of 100% recorded the highest mortality rate (79.9%), followed by the treatment with potassium salts at a concentration of 100% (58.3%) and *Burkholderia* at a concentration of 50% (55.1%). In conclusion, the *Burkholderia* insecticide can be considered as part of an integrated management strategy for controlling *D. citri* in the field.

Keywords: Mortality, Nymphs, Treatments.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Sinaloa. México.

²Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa. México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Nuevo León, México.

*Autor para la correspondencia: miguellopez@uas.edu.mx

1. Introducción

El Huanglongbing (HLB) de los cítricos, es considerada la enfermedad más devastadora que afecta a este tipo de árboles y se asocia al patógeno *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (Chen et al., 2009). Dicho patógeno fue detectado en México por primera vez en el estado de Yucatán durante el 2009, en muestras de su principal insecto vector, el psílido asiático de los cítricos (PAC) (SENASICA, 2009; Trujillo, 2010; De los Santos, 2013).

Para el control del PAC *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae), vector del HLB, generalmente se hace uso de insecticidas químicos sintéticos, los cuales pueden solucionar el problema a corto plazo (Nicolopoulou-Stamati et al., 2016; Khan et al., 2020). Este manejo, se basa en la aspersión estratégica de insecticidas químicos, los cuales protegen aproximadamente 30% de la citricultura nacional, el propósito de estas aplicaciones es reducir al máximo las poblaciones del PAC para disminuir y retrasar la presencia y diseminación del HLB (Cortez et al., 2011; Boina & Bloomquist, 2015). Sin embargo, los insecticidas químicos causan efectos negativos sobre el medio ambiente, insectos benéficos, organismos no blanco, salud humana, resistencia en insectos, etc. (Del Puerto-Rodríguez, 2014). Por lo cual, se hace necesaria la búsqueda de alternativas ante esta problemática que sean sostenibles con el ambiente.

Anualmente, personal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), reúne información sobre productos potenciales para ser utilizados en las aspersiones regionales contra el PAC. En años recientes el proceso se ha dificultado debido al cuestionamiento de ingredientes activos utilizados, generalmente por el impacto asociado a enemigos naturales y principalmente a polinizadores, además del elevado costo de los productos de generación reciente. Por lo anterior mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad biológica de algunos insecticidas naturales sobre ninfas del PAC, en huerta de limón Persa.

2. Materiales y Métodos

El presente trabajo inició el 14 de julio y finalizó el 22 de diciembre del 2022. Se realizó en una huerta de limón Persa de dos años de edad, ubicada en las cercanías de la localidad de La Reforma, Angostura, Sinaloa, México, con las siguientes coordenadas: (25°06'14.346" N, 108°01'48.2412" O).

Se evaluaron seis tratamientos de insecticidas naturales (dos de ellos en combinación) en tres concentraciones diferentes (50, 75 y 100%). Los insecticidas usados fueron los siguientes: 1. Extracto de nim + tierra de diatomeas, 2. Extracto de nim + aceite vegetal, 3. Sales potásicas, 4. Caolín, 5. Silicio y 6. Burkholderia (Cuadro 1); además del tratamiento testigo asperjado con únicamente agua.

Para prevenir la hidrólisis alcalina de los insecticidas, al agua utilizada para la solución se acondicionó antes un ml de acidificante (Surfacid®)/L). Después con una banda de plástico color amarillo, se marcaron 12 brotes tiernos con presencia de ninfas del PAC en 12 árboles. La aplicación de los tratamientos se realizó con una mochila de motor Echo® SHP-800-2 de dos pistolas aspersoras. Después, los brotes marcados con presencia de ninfas del PAC se cubrieron con una manga de Agribon® (polipropileno) para evitar la intervención de otros factores.

Los muestreos para determinar la mortalidad de las ninfas del PAC, se realizaron a 48 y 168 h después de la aplicación de los tratamientos (DAT), se realizaron mediante inspección con una lupa de 20 aumentos y el criterio de mortalidad fue ninfas con tonalidad opaca y deshidratada. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones (tres brotes/repeticiones) y los datos de mortalidad

se analizaron con un ANVA (Análisis de Varianza) y una comparación de medias por DMS (Diferencia Mínima Significativa) ($\alpha=0.05\%$) (Olivares, 1994).

Cuadro 1. Insecticidas naturales evaluados sobre inmaduros del PAC en limón Persa

Tratamiento	Ingrediente activo	Nombre	Concentración/ha		
			50%	75%	*100%
1	Extracto de nim + aceite vegetal	Mix N®	1.0 L	1.5 L	2.0 L
		Corion®	1.5 L	2.25 L	3.0 L
2	Extracto de nim + tierra de diatomeas	Mix N®	1.0 L	1.5 L	2.0 L
		Diata-Sin®	1.5 kg	2.25 kg	3.0 kg
3	Silicio	Diata-Sin®	1.5 kg	2.25 kg	3.0 kg
4	Caolín	Surround®	5.0 kg	7.5 kg	10.0 kg
5	Sales Potásicas	Impide®	1.5 L	2.25 L	3.0 L
6	<i>Burkholderia</i>	Venerate®	2.5 L	3.75 L	5.0 L

*Concentración alta recomendada en la etiqueta del insecticida comercial.

3. Resultados y Discusión

A las 48 h DAT (Cuadro 2), los tratamientos que mostraron mayor mortalidad fueron: *Burkholderia* en las tres concentraciones (50, 75 y 100%), donde la mortalidad fue 36.9, 43.1 y 58.3% respectivamente, después las sales potásicas concentración 100 (30.7%), seguido por el extracto de nim + tierra de diatomeas concentración 100%, cuya mortalidad fue del 11.2%, los siguientes fueron los tratamientos de silicio concentración 100 y 50%, los cuales registraron el 10.6 y 6.8% de mortalidad respectivamente.

El resto de los tratamientos no superaron el 6% de mortalidad y algunos no registraron mortalidad (extracto de nim + tierra de diatomeas concentración 50 y 75% y extracto de nim + aceite vegetal concentración 50%). Los tratamientos *Burkholderia* (concentración 50, 75 y 100%), no mostraron diferencia significativa entre ellos, pero si con respecto a los demás tratamientos. En un estudio similar realizado en limón Persa por González-Acosta et al. (2016) determinaron que la mortalidad del PAC es mayor conforme pasan los días, obteniéndose una reducción significativa a partir de las 168 h DAT.

A las 168 h DAT (Figura 1), solo cuatro tratamientos superaron el 50% de mortalidad, *Burkholderia* al 100 y 50% (79.9 y 55.1% respectivamente), sales potásicas concentración 100% (58.3%) y caolín concentración 100% (50.5%). El tratamiento de silicio concentración 100% y *Burkholderia* concentración 75% registraron el 44% de mortalidad, seguido de las sales potásicas concentraciones 50 y 75% con mortalidad del 28.9 y 27.7% respectivamente, el siguiente fue extracto de nim concentración 100%, cuya mortalidad fue de 26.7%, mientras que la mortalidad del tratamiento de silicio concentración 75% fue de 26.3%.

La mortalidad del resto de los tratamientos (extracto de nim + tierra de diatomeas concentración 50 y 75%; extracto de nim + aceite vegetal concentración 50, 75 y 100%; caolín concentración 50 y 75%; y silicio concentración 50%) fue menor el 20%; y los tratamientos con menor mortalidad fueron

el extracto de nim + aceite vegetal concentración 50% (3.3%), seguido del extracto de nim + tierra de diatomeas concentración 50% (4.6%) y por último el caolín 50% (7.6%).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de los insecticidas naturales a las 48 h DAT

Insecticida	Conc.	% Mortalidad	Insecticida	Conc.	% Mortalidad
Extracto de nim + aceite vegetal	50%	0.0	Caolín	50%	0.8
	75%	5.7		75%	1.8
	100%	1.9		100%	2.0
Extracto de nim + tierra de diatomeas	50%	0.0	Sales Potásicas	50%	0.0
	75%	0.0		75%	5.0
	100%	11.2		100%	30.7
Silicio	50%	10.6	<i>Burkholderia</i>	50%	36.9
	75%	5.0		75%	43.1
	100%	6.8		100%	58.3

Conc: Concenración de los tratamientos aplicados.

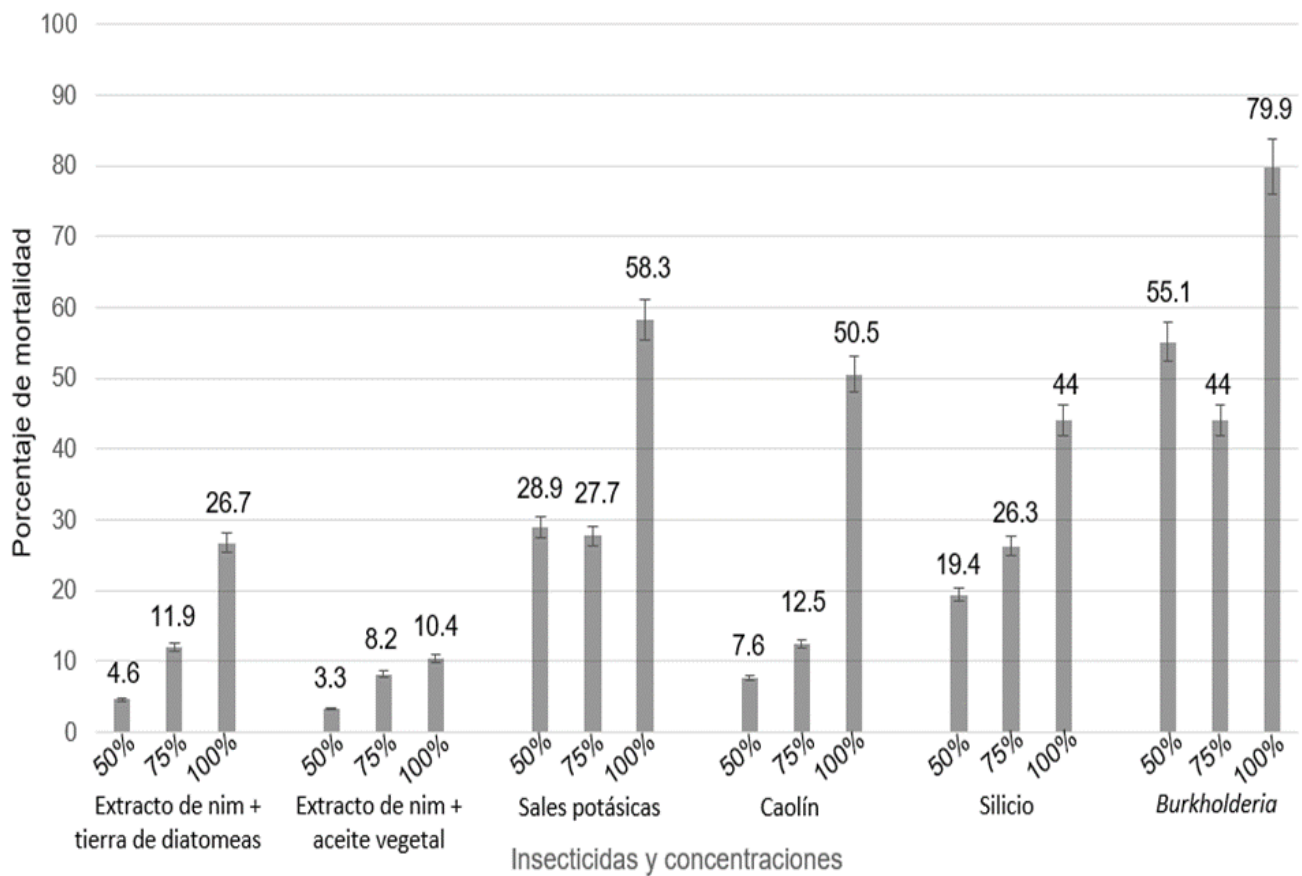


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de los insecticidas naturales a las 168 h DAT

La concentración más alta de todos los tratamientos, fue la que registró el mayor porcentaje de mortalidad, mientras que la concentración más baja, registró la menor mortalidad. En la concentración intermedia (75%) la mortalidad se mantuvo entre la mortalidad de la concentración alta y la baja, con excepción de los tratamientos de *Burkholderia* y sales potásicas donde la concentración del 50% fue mayor a la concentración del 75%, aunque no mostraron diferencia significativa entre ellos en el ANVA.

El tratamiento de *Burkholderia* concentración del 100%, mostró diferencia significativa, con respecto de los demás tratamientos y el testigo. Las sales potásicas, registraron una mortalidad aceptable (58.3%), al menos en la concentración del 100%. En un estudio similar realizado por Hall & Richardson (2012), bajo condiciones de laboratorio, obtuvieron mortalidades entre el 60 y 90% en adultos y ninfas del PAC, usando diferentes concentraciones de sales potásicas, la diferencia de mortalidad entre este estudio y el presente trabajo (menor al 60%) puede deberse principalmente al efecto de la temperatura y luz solar sobre las sales potásicas usadas bajo condiciones de campo, incluso a la marca comercial utilizada.

4. Conclusiones

Los tratamientos de *Burkholderia* y sales potásicas ambos en concentración del 100% fueron los que mostraron mayor efectividad biológica sobre ninfas del PAC en cultivo de limón Persa, aunque su mortalidad no superó el 80%, estos insecticidas naturales pueden ser considerados dentro de un manejo integrado de esta plaga en campo. Se hacen necesarias evaluaciones de insecticidas naturales con características similares a los utilizados en el presente estudio, con la finalidad de probar su efectividad biológica sobre inmaduros del PAC, para evitar el uso de los insecticidas químicos y los riegos que conlleva el uso de éstos.

Agradecimientos

Para la realización de este estudio se recibió apoyo económico del CESAVE-Michoacán a través del proyecto INIFAP-21582735257. Agradecemos el apoyo en los trabajos de campo del Ing. Guillermo Gutiérrez Soto y del C. Héctor Saucedo Orduño.

Referencias Citadas

- Boina, D. R. & Bloomquist, J. R. (2015). Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. *Pest Management Science*, 11: 808-823.
- Chen, J., Pu, X., Deng, X., Liu, S., Li, H., & Civerolo, E. (2009). A phytoplasma related to “*Candidatus Phytoplasma asteris*” detected in citrus showing Huanglongbing (Yellow Shoot Disease) symptoms in Guangdong, P. R. China. *Phytopathology Journal*, 10: 236-242.
- Cortez, M. E., Pérez, J., González, V., & Medina, H. (2011). Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama e insecticidas biorracionales para su control en cítricos en Sinaloa. Informe final de proyecto de investigación. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Juan José Ríos, Sinaloa. 54 p.
- De los Santos, I. (2013). Monografías del HuangLongBing (*Candidatus liberibacter* spp.) de los cítricos. Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa: Universidad Veracruzana, 1-26.
- Del Puerto-Rodríguez, A. M., Suárez-Tamayo, S., & Palacio-Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52: 372-387.

- Gonzalez Acosta, F. A., Cambero Campos, O. J., Peña Sandoval, G. R., Robles Bermudez, A., Estrada Virgen, M. O., & Coronado Blanco, J. (2015). Parasitismo del minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton) en limón persa en Xalisco, Nayarit. CONAHCYT.
- Hall, C. M., Somprasong, N., Hagen, J. P., Nottingham, R., Sahl, J. W., Webb, J. R., & Schweizer, H. P. (2023). Exploring Cefiderocol Resistance Mechanisms in *Burkholderia pseudomallei*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 171-23.
- Khan, S., Uddin, M., Rizwan, M., Khan, W., Farooq, M., Shah, A., Subhan, F., Aziz, F., Rahman, K., Khan, A., Ali, S., & Muhammad, M. (2020). Mechanism of Insecticide Resistance in Insects/Pests. *Polish Journal Environmental Studies*, 29: 2023–2030.
- Nicolopoulou-Stamati P., Maipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., & Hens, L. (2016). Chemical Pesticides and Human Health: The Urgent Need for a New Concept in Agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4: 1-8.
- Olivares, S.E. (1994). Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N. L.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2009). Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx>. (Fecha de consulta: 03-XII-2022).
- Trujillo, A.J. (2010). Situación Actual, Regulación y Manejo del HLB en México. In: *Memorias del 2º Taller Internacional del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos*. Mérida, Yucatán, México. 141-149.

Infestación y parasitismo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón mexicano

Mario A. Miranda-Salcedo^{1,*}, Lizette Cicero-Jurado², Carlos Granados-Echegoyen³, Nancy Alonso-Hernández⁴

Resumen. *Diaphorina citri* es el vector del Huanglongbing (HLB) la enfermedad más importante de los cítricos, para su control se utilizan principalmente insecticidas, que han ocasionado su resistencia a varios productos y la resurgencia de plagas secundarias. Por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de la estrategia de control regional para reducir los niveles de infestación de *D. citri* y determinar el porcentaje de parasitismo de *Tamarixia radiata*. Se consideraron cinco tratamientos, en total se incluyeron 25 huertas (cinco réplicas por tratamiento). Se llevó a cabo un muestreo en T de 10 árboles, considerando dos transectos, uno de borde y uno interno. El mayor número de huertas que presentaron brotes infestados correspondió al tratamiento 5 (Huertas con control regional y liberación de parasitoides). La infestación de julio a octubre fue de menor del 10% de los brotes. Sin embargo, a partir de noviembre a junio la infestación fue del 50%. La mediana del parasitismo fluctuó del 0 al 15% de los cinco tratamientos.

Palabras clave: Infestación, Parasitismo, *D. citri*, Cítricos.

Abstract. *Diaphorina citri* is the vector of Huanglongbing (HLB), the most important disease of citrus. For its control, mainly insecticides are used, which have caused resistance to several products and the resurgence of secondary pests. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effectiveness of the regional control strategy in reducing infestation levels of *D. citri* and to determine the percentage of parasitism by *Tamarixia radiata*. Five treatments were considered, and a total of 25 orchards were included (five replicates per treatment). A T-sampling of 10 trees was carried out, considering two transects: one along the orchard edge and one in the internal area. The highest number of orchards with infested shoots corresponded to treatment 5 (orchards with regional control and parasitoid release). Infestation from July to October was less than 10% of the shoots. However, from November to June, the infestation rate reached 50%. The median parasitism ranged from 0 to 15% across the five treatments.

Keywords: Infestation, Parasitism, *D. citri*, Citrus.

1. Introducción

México es el primer productor de limón mexicano en el mundo en una superficie de 120 mil hectáreas, Michoacán presenta 75 mil ha, con una producción de 900 mil t y una derrama económica de MNX \$ 2,595 mil millones de pesos (SIAP, 2021). Por otra parte, los cítricos son atacados por una gran cantidad de plagas y enfermedades que afectan su vigor, reducen su producción, la calidad de fruto y

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP, Michoacán, México.

²Campo Experimental Mochochá, Yucatán, México.

³CONAHCYT-Laboratorio de Entomología Aplicada. CEDESU-UACAM, Campeche, México.

⁴CIIDIR Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: mmiranda8@hotmail.com

en algunas ocasiones la pérdida de árboles. Estos organismos atacan diversas partes del árbol y destacan por su importancia el psílido asiático de los cítricos, las escamas, los trips y las arañas rojas (Miranda-Salcedo et al., 2020). En la actualidad el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) es la plaga más importante que ataca a los cítricos en México. El insecto se encuentra distribuido en todo México (López-Arroyo et al., 2008) y su importancia radica en que es el vector del Huanglongbing (HLB) la enfermedad más devastadora de los cítricos, que afecta a todas las especies y variedades de cítricos (Bové, 2006; Bassanezi, 2012; Stansly, 2012). En México ataca a los 24 estados citrícolas y en algunos huertos la infección es del 100%. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se encarga de generar y poner en marcha estrategias para la protección de cultivos clave. Para el 2019, se puso en marcha la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos, la cual contempla, dentro de sus actividades, el uso de insecticidas de síntesis química, productos biorracionales (sales potásicas y aceites), aplicación de hongos entomopatógenos y liberación de parasitoides (*Tamarixia radiata*). La presente propuesta, pretende medir la efectividad de dichas actividades en estados clave de la citricultura del país (Yucatán, Veracruz, Sinaloa y Michoacán). El objetivo general del estudio fue evaluar la efectividad de la estrategia de control regional para reducir los niveles de infestación de *D. citri* y determinar el porcentaje de parasitismo de *T. radiata*. Se infiere que los programas de control de plagas que involucran diferentes estrategias de control son más eficientes en disminuir las poblaciones de insectos plaga por más tiempo, y disminuyen el uso de plaguicidas en los cultivos. De este modo, el uso alternado de aplicaciones de productos de síntesis química y liberación de enemigos naturales aumentará la probabilidad de impactar en las poblaciones del insecto objetivo.

2. Materiales y Métodos

Se llevaron a cabo 24 muestreos en huertos citrícolas del Valle de Apatzingán Michoacán [19° 0'44.10" de latitud N, 102°13'38.57" de longitud y 346 msnm] para determinar la infestación de *D. citri* y el porcentaje de parasitismo de *T. radiata*. Se consideraron cinco tratamientos: 1) huerta con control regional y liberación de parasitoides (CRLP); 2) huerta con control químico (CQ); 3) huerta con liberación de parasitoides (LP) en las huertas del C. Luis Medina García se realizaron dos liberaciones de *T. radiata* (en total 40,000 parasitoides) debido a que esta huerta tiene un manejo agroecológico y no se han realizado aplicaciones contra plagas en dos años y medio; 4) huerta control (HC) sin aplicaciones químicas ni liberación de parasitoides y 5) huerta con control regional y liberación de parasitoides 2 (aplicación en bandas alternas) (CRLP2), es importante aclarar que en este tratamiento no se realizaron liberaciones de parasitoides por el desfase en la incidencia y que coincide con el mayor número de aplicaciones químicas por los productores. Cada tipo de huerta experimental, se repitió 5 veces.

En la huerta CRLP, la aplicación de insecticidas se realizó de manera alternada en filas de árboles, y la liberación de parasitoides se efectuó en el momento en el que se detectó presencia de ninfas de instares 4 y 5 en brotes vegetativos. Dichas actividades fueron efectuadas por los mismos productores. En total se incluyeron 25 huertas (cinco réplicas por tratamiento). Se llevó a cabo un muestreo en T de 10 árboles, considerando dos transectos, uno de borde y uno interno. En cada árbol se colocó un cuadro de 50 x 50 cm y se contabilizó la cantidad total de brotes de 20 cm o menores, así como la cantidad de brotes (>20 cm) con presencia de algún estadio de *D. citri* (huevos, ninfas [instares 1-5], adultos). Este procedimiento se repitió en los 4 puntos cardinales de cada árbol.

Para determinar el nivel de infestación, se utilizará la siguiente fórmula: % Infestación = # brotes infestados / # total de brotes *100. Porcentaje de parasitismo *T. radiata*. Tomando como referencia los 10 árboles de los dos transectos del punto anterior. Se revisó cada árbol para tomar 2 brotes con presencia de ninfas de instares 4 y/o 5. En el laboratorio se revisó cada ninfa para buscar algún estadio del parasitoide o evidencia del mismo (ninfas momificadas con agujeros de salida). Asimismo, se determinó el % de parasitismo encontrado para cada brote. Para determinar el parasitismo, se utilizó la siguiente fórmula: % Parasitismo = # de ninfas 4-5 parasitadas / # total de ninfas 4-5 *100. Los muestreos iniciaron el 12 de julio de 2021 y concluyeron el 18 de julio del 2022. El muestreo completo se efectuó en un año, para tener información de tres fechas de aplicaciones regionales (mayo y noviembre de 2021 y mayo 2022).

3. Resultados y Discusión

En el Valle de Apatzingán *D. citri* se presenta todo el año lo que incrementa el número de aplicaciones, alrededor de 40 aplicaciones de diferentes insecticidas y fungicidas (Miranda-Salcedo, 2019; Miranda-Salcedo et al., 2020). Se presentan tres picos poblacionales enero, mayo y julio (Miranda-Salcedo et al., 2021). En el tratamiento 5 (Huertas con control regional y liberación de parasitoides) fue donde se presentó la mayor infestación. En contraste, en el tratamiento 3 (Huertas con liberación de parasitoides únicamente) la incidencia de brotes infectados fue nula (Figura 1).

En la Figura 2, se presentan los brotes infestados por semana y por tratamiento, se corrobora lo reportado por Miranda et al. (2020, 2021); esto es la mayor infestación que se presenta una vez que se retiran las lluvias (noviembre a junio). La infestación de julio a octubre fue de menor del 10% de los brotes. Sin embargo, de noviembre a junio la infestación fue del 50%. En el tratamiento 5 (Huertas con control regional y liberación de parasitoides) fue donde se presenta la mayor infestación. Las aplicaciones regionales realizadas por el Comité de Sanidad Vegetal de Michoacán, durante el presente estudio fueron tres: 1) en mayo 2021 (Abamectina), 2) noviembre 2021 (Flupyradifurone y Sulfoxiamida) y 3) mayo 2022 (Sales potásicas y aceites). Es importante mencionar, que dada la incidencia de *D. citri* en el Valle de Apatzingán, una aplicación regional no tiene impacto en el decremento de la infestación por la reducida superficie que cubre al traslaparse huertas con y sin aplicación. Además, se usan moléculas baratas con el fin de cubrir una mayor superficie y estas tienen un efecto menor a catorce días post aplicación. El ambiente y el manejo que hacen los productores es fundamental en el control de esta plaga. Finalmente, la infestación en los cinco tratamientos: Tratamiento 1 con 6% de infestación; Tratamiento 2 con 4%; Tratamiento 3 con 3%; Tratamiento 4 con 4% y Tratamiento 5 con un 10% (Figura 3).

En un estudio previo en donde se evaluaron 16 moléculas para el control de *D. citri*, se encontró que después de los 8 y 15 días de aplicado el producto los tratamientos que fueron significativamente diferentes al resto fueron el Tolfenpyrad®, Ciantraniliprole® y Spirotetramat®. El Tolfenpyrad® presentó una mortalidad respecto del muestro previo del 97.5% a los ocho días; del 92.6% a los 15 días. En contraste, el Ciantraniliprole® fue del 93.9% a los ocho días y del 69.7% a los 15 días (Miranda et al. 2021). 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 (4 adultos/trampa), lo que ocasiona un exceso de aplicaciones químicas (Miranda-Salcedo, 2019; Miranda et al., 2020).

En la Figura 4 se observa el parasitismo por semana y por tratamiento, los porcentajes varían desde un 75 a un 0 % por ciento, esto posiblemente se debe al recurso disponible (ninfas de 4 y 5

instar) y al manejo de cada huerta (aplicaciones químicas). En algunos casos se registraban cada quince días. El promedio del parasitismo fue: a) Tratamiento 1 del 6%; b) Tratamiento 2 del 0%; c) Tratamiento 3 del 15%; d) Tratamiento 4 del 5% y e) Tratamiento 5 del 15% (Figura 5). La campaña contra el HLB en Michoacán apoya al productor con una aplicación al año. En 2020, la campaña apoyó una superficie de 20,000 ha. Los productos que se aplicaron fueron Spirotetramat® (Movento® 250 ml/ha) y Flonicamid® (Belea® 300 g/ha) los resultados fueron poco eficientes (Miranda-Salcedo et al., 2020).

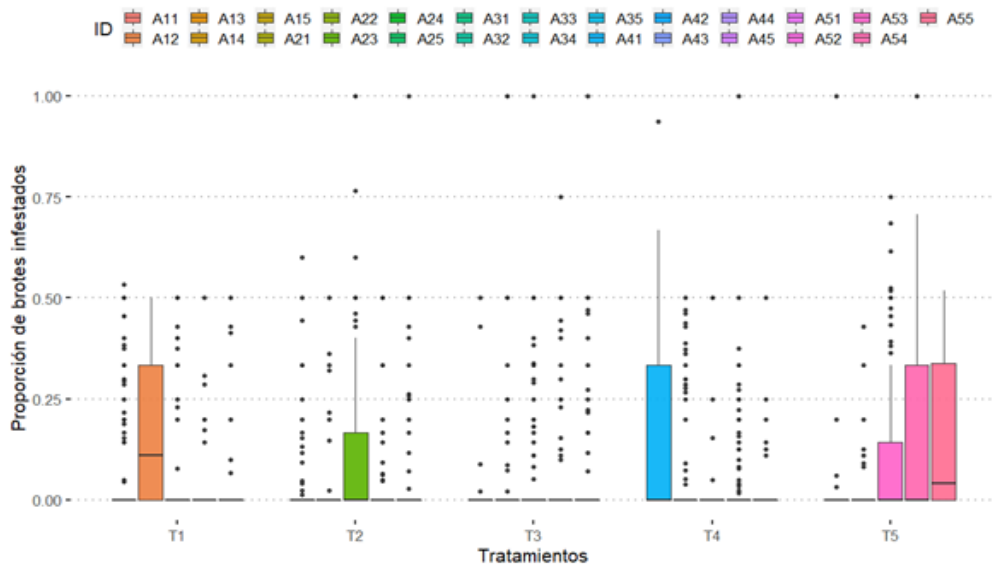


Figura 1. Proporción de brotes infestados de *D. citri* por tratamiento y por huerta (Boxplot).

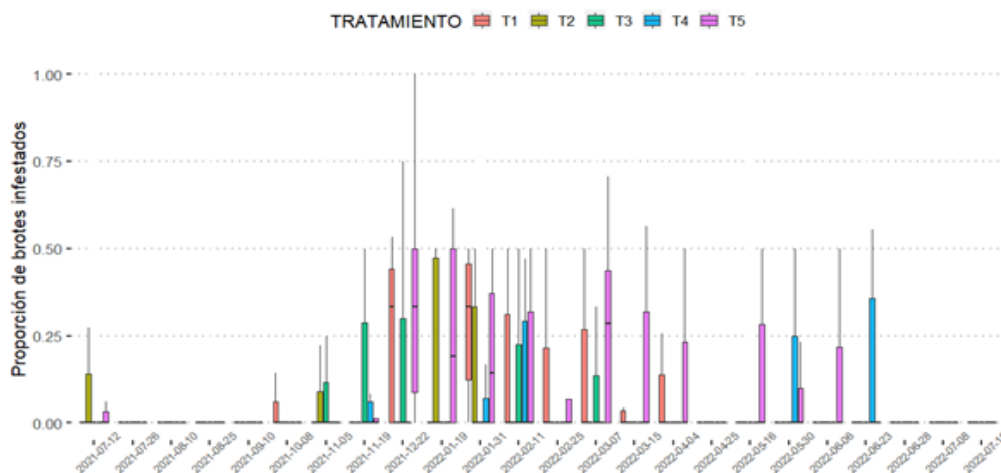


Figura 2. Proporción de brotes infestados de *D. citri* por semana y por tratamiento (Boxplot).

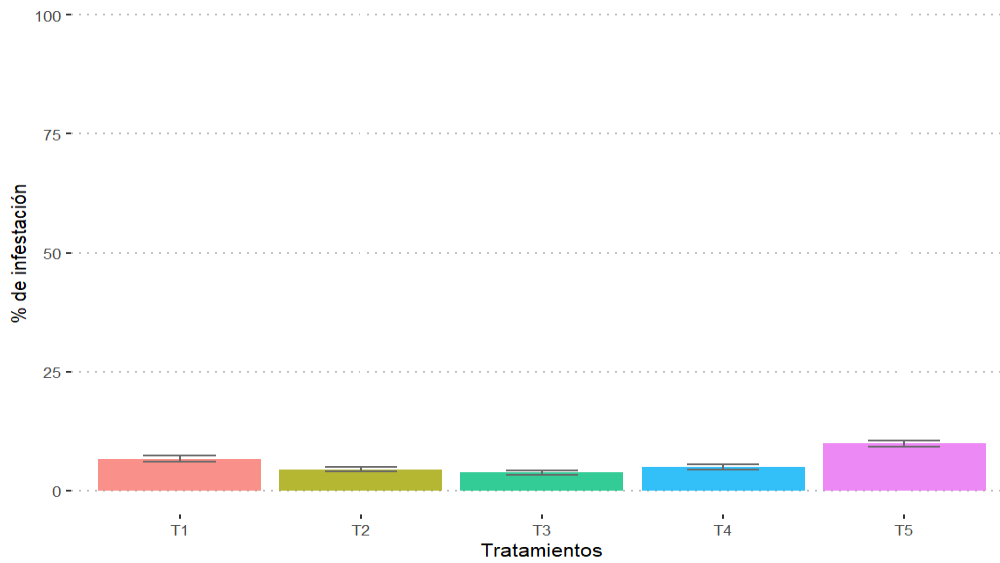


Figura 3. Proporción de brotes infestados de *D. citri* por tratamiento (Boxplot).

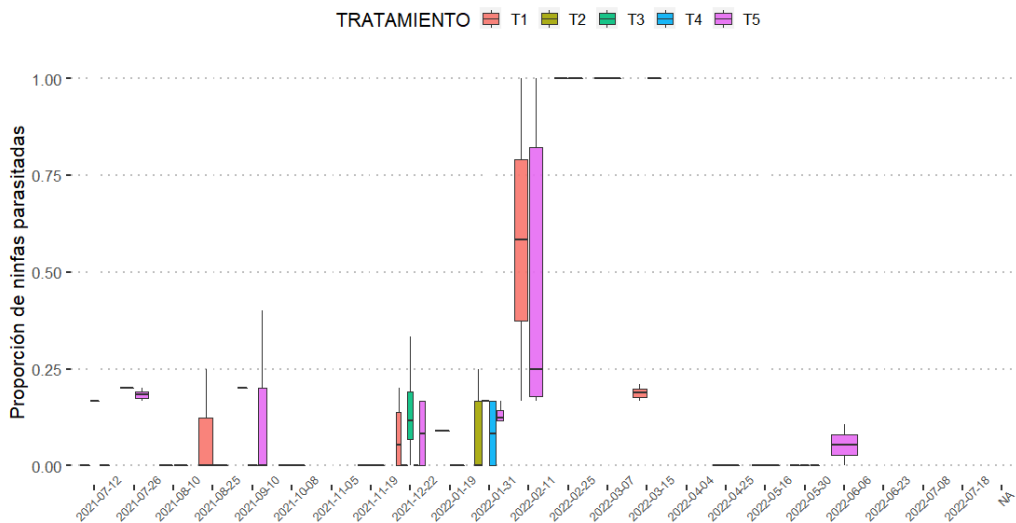


Figura 4. Proporción de ninfas parasitadas por semana para cada tratamiento (Boxplot).

La principal importancia de la *D. citri* radica en que es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* se aloja principalmente en el floema de las plantas hospedantes y es causante de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) (SENASICA 2019).

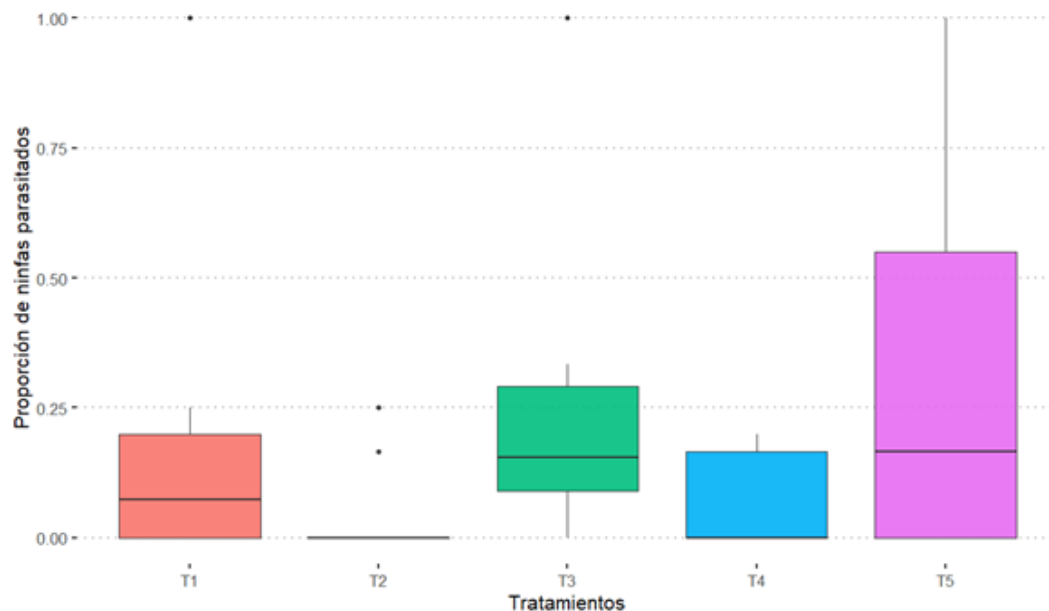


Figura 5. Proporción de ninfas parasitadas por tratamiento (Boxplot).

En estados avanzados de infección por HLB las hojas nuevas pueden mostrar una coloración blanquecina. Los niveles anormales de gránulos de almidón acumulados en las células del parénquima pudieran explicar la apariencia coriácea de algunas hojas encontradas en árboles seriamente afectados por la enfermedad. Los frutos infectados de HLB presentan un alto grado de acidez y escasez de jugo. Se ha reportado que el jugo proveniente de frutos infectados de HLB es amargo, sin sabor, o con sabor algo salado, además contiene bajos niveles de azúcares y sólidos solubles, así como altos niveles de algunos compuestos amargos. Los frutos finalmente presentan caída prematura y el árbol no producirá frutos nuevamente. Los frutos afectados por HLB no se desarrollan correctamente debido a la deficiencia de carbohidratos y a la incapacidad de movilizar el almidón necesario que se encuentra acumulado en las hojas (Moreno-Enríquez, 2014).

Agradecimientos

Las investigaciones aquí reportadas fueron financiadas a través del proyecto “Evaluación de la estrategia de control regional químico y biológica del psilido asiático de los cítricos”.

Referencias Citadas

- Bassanezi R. B. (2012). Epidemiology of Huanglongbing in Citrus. IV Simposio Nacional y III Internacional de Bacterias Fitopatógenas. Guadalajara. Jalisco. México.
- Bové, J. M. (2006). Invited review. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88: 7-37.

- López-Arroyo, J. I., Loera, J., Jasso, J., Reyes, M. A., Cabrera, Cortez, E., Miranda, M.A., Fú, A., Rodríguez, R., & Acosta, E. (2008). Avances de investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos en México. Reunión Nacional de la Fitosanidad, SENASICA. Acapulco Guerrero, noviembre.
- Miranda, S. 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, S. M. A., López-Arroyo J. I., Perales-Segovia C., Hurtado-Crisóstomo S., & Miranda-Ramírez J. M. (2021). Evaluación de insecticidas para el manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Liviidae) y su impacto en sus enemigos naturales en México. Memorias XLIV Congreso Nacional de Control Biológico, Chihuahua Chihuahua, 142-146 p.
- Miranda, S. M. A., Perales-Segovia C., Cortez-Mondaca E., & Miranda-Ramírez J. M. (2020). Manejo Agroecológico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Liviidae) en limón mexicano en Michoacán, México. Entomología Mexicana, 176-182.
- Moreno-Enriquez, A. (2014). Análisis de la Diversidad Molecular del Gen 16s rDNA de *Candidatus Liberibacter Asiaticus* en Aislados de Cítricos de la Península de Yucatán [Tesis Doctoral] Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México.
- SENASICA, 2019. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad. Estrategia 2017, para la detección y control del HLB y el psílido asiático de los cítricos en México.
- SIAP (2021). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola 2020 en México. México.
- 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.

Extracto etanólico de *Nerium oleander* Linneo (Apocynaceae) para la inhibición de la oviposición y mortalidad de *Heilipus lauri* Boheman (Curculionidae)

Itzel Luis-López¹, Jaime Dorantes-Jiménez², Evert Villanueva-Sánchez³, César Sánchez-Hernández¹, Miguel Ángel Sánchez-Hernández⁴, Florinda García-Pérez^{1,*}

Resumen. La presencia del barrenador grande del hueso del aguacate (*Heilipus lauri* Boheman), el escaso estudio que se tiene sobre su manejo y el incremento de la superficie cultivada de aguacate en el estado de Oaxaca, requiere generar alternativas de control. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la actividad biológica del extracto etanólico de hojas de laurel de la india (*Nerium oleander* Linneo) sobre adultos del barrenador en condiciones controladas. Las variables evaluadas fueron inhibición de la oviposición y mortalidad. Los tratamientos utilizados para la inhibición de la oviposición fueron 10 mgmL⁻¹, 1.0 mgmL⁻¹, 0.1 mgmL⁻¹, 0.01 mgmL⁻¹, mientras que para la mortalidad se utilizaron las dosis de 100 mgmL⁻¹, 10 mg mL⁻¹, 1.0 mg mL⁻¹, 0.1 mgmL⁻¹. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (DMS) ($p \leq 0.05$). El extracto a concentración de 10 mgmL⁻¹, mostró mayor inhibición de la oviposición con 82.18%. El mejor tratamiento en la mortalidad fue la concentración de 100 mgmL⁻¹ con una efectividad de 40.58%. Por lo tanto, se concluye que el extracto etanólico a partir de las hojas de *N. oleander* a diferentes concentraciones causaron efecto insecticida y provocaron inhibición de la oviposición en los adultos.

Palabras clave: Barrenador, Aguacate, Laurel De La India, Hormoligosis.

Abstract. The presence of the big avocado seed weevil (*Heilipus lauri* Boheman), the lack of studies on its management, and the increase in the area cultivated under avocados in the state of Oaxaca require the development of control alternatives. The objective of this research was to determine the biological activity of the ethanolic extract of Indian laurel leaves (*Nerium oleander* Linneo) on borer adults under controlled conditions. The treatments used for oviposition inhibition were 10 mg/mL, 1.0 mg/mL, 0.1 mg/mL, and 0.01 mg/mL, while for mortality, the doses were 100 mg/mL, 10 mg/mL, 1.0 mg/mL, and 0.1 mg/mL. The data were subjected to an analysis of variance and a test of comparison of means (DMS) ($p \leq 0.05$). The extract at a concentration of mg/mL showed 82.18% inhibition of oviposition. The best treatment for mortality was the concentration of 100 mg/mL, with 40.58% mortality. Therefore, it is concluded that the ethanolic extract from *N. oleander* at different concentrations had an insecticidal effect and inhibited oviposition in adults.

Keywords: Borer, Avocado, Indian Laurel, Hormoligosis.

¹Novauniversitas, Ocotlán de Morelos, Oaxaca.

²Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suizo de Registro, Ciudad de México, México.

³CONAHCYT-Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

⁴Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: jafvavadoga@hotmail.com

1. Introducción

El barrenador grande del hueso del aguacate es una plaga de hábito monófago. Los daños inician de manera directa cuando la hembra perfora el fruto para ovipositar e introduce el huevo cerca del hueso, el mayor deterioro lo realiza la larva al alimentarse de la semilla, lo que puede ocasionar la caída prematura del fruto (Díaz et al., 2017). La forma más común para el control de *H. lauri* ha sido mediante la aplicación de productos insecticidas sintéticos principalmente con modo de acción de contacto y alta toxicidad, aplicados de manera preventiva. Sin embargo, no se ha tenido el éxito esperado, debido a que los insecticidas aplicados causan efecto en los adultos, pero no afectan a los estados inmaduros (García et al., 2004). Se han realizado estudios con extractos de plantas para controlar diversas plagas, una de ellas es el laurel de la india *Nerium oleander* (Bakir et al., 2022). La presente investigación tuvo como objetivo determinar la actividad biológica del extracto etanólico de hojas de laurel de la india sobre adultos del barrenador en condiciones controladas. Las variables evaluadas fueron inhibición de la oviposición y mortalidad.

2. Materiales y Métodos

Las pruebas de efectividad biológica del extracto etanólico de *N. oleander* en el barrenador grande del hueso del aguacate, se llevaron a cabo en el laboratorio de ciencia básica de la Universidad NovaUniversitas, ubicado en Ocotlán de Morelos Campus San Jacinto, en la región de Valles Centrales del estado de Oaxaca entre los paralelos 16° 78' 72" N y 96° 67' 53", a 1500 msnm (INEGI, 2022). Se utilizó un diseño completamente al azar y se realizó una prueba de comparación de medias con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) ($\alpha=0.05$). Para evaluar la inhibición de la oviposición y mortalidad se establecieron cinco tratamientos con cinco repeticiones. Los datos obtenidos de la oviposición se calcularon contabilizando el número de huevos acumulados y se determinó el porcentaje con relación a lo observado en el testigo (100%), mientras que el porcentaje de inhibición es 100 menos el porcentaje de oviposición (Mendoza-García et al., 2010). Para la variable mortalidad, los datos se corrigieron con respecto al testigo por medio de la ecuación de Abbott (1925). Los resultados se sometieron a prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para conocer la variación de los diferentes tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), mediante el procedimiento GLM (Modelo Lineal general) y la comparación de medias con la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) considerando un nivel de significancia de 0.05. Se utilizó el programa estadístico SAS, Statistical Analysis System, Versión 9.3.

3. Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de varianza muestran efectos significativos en la inhibición de la oviposición ($p\leq 0.05$) con respecto a los tratamientos utilizados. La oviposición fue afectada por las dosis. El mejor tratamiento fue la dosis de 10 mgmL⁻¹, que corresponde a 82.18% de inhibición, seguida de 0.1 mgmL⁻¹ y 0.01 mgmL⁻¹ con resultados de 68.37% y 58.23% respectivamente. Por el contrario, la concentración de 1 mg mL⁻¹ estimuló la oviposición, ya que el resultado superó al testigo, siendo este de 143.06%. De acuerdo a la clasificación de porcentajes de inhibición de la oviposición propuesta por Rodríguez & Vendramim (2008), para *Trialeurodes vaporariorum* con extractos etanólicos de *Piper auritum*, consideraron una inhibición fuerte en el intervalo de 61-100%, resultados

similares con los de esta investigación al obtener un porcentaje de inhibición de la oviposición del 58 al 82%.

El tratamiento con mejor acción insecticida fue la concentración de 100 mgmL⁻¹ al presentar una mortalidad promedio de 40.58%. El resto de los tratamientos mostraron tendencia a la supresión en correspondencia con el incremento de la concentración, es decir, se observó relación directa entre las dosis del extracto y la mortalidad del insecto; siendo estos de 21.74, 26.08 y 30.61%, aunque en ninguna de las dosis evaluadas se obtuvo mortalidad absoluta (100%). La mayor efectividad puede estar relacionado por el poder tóxico de la concentración utilizada, ya que como lo menciona Bruneton (2001), la propiedad insecticida se debe a la presencia de cardenoides, glucósidos y digoxina. Sin embargo, en mayor porcentaje se encuentra la oleandrina, y para tener efecto se hidroliza en oleandrosa y oleandrigenina.

4. Conclusiones

Los extractos etanólicos de hojas de *N. oleander* causaron efecto insecticida, insectistático y provocaron inhibición de la oviposición en los adultos expuestos a diferentes dosis. El mejor tratamiento para la inhibición de la oviposición fue la concentración de 10 mgmL⁻¹ al obtener solamente una oviposición del 17.82 y 82.18% de inhibición con respecto al testigo. Por el contrario, la concentración de 1 mgmL⁻¹ estimuló la oviposición por lo que se observó el fenómeno de hormoligosis. El mejor tratamiento en la mortalidad de adultos de *H. lauri* sobresalió la concentración de 100 mgmL⁻¹ al presentar una mortalidad corregida del 40.58% con respecto al testigo, al ser más tóxico y efectivo, seguido de las dosis de 10 mgmL⁻¹, 1 mgmL⁻¹ y 0.1 mgmL⁻¹ al exhibir 30.61, 26.08 y 21.74% respectivamente, la actividad del extracto estuvo relacionado positivamente con la concentración.

Referencias Citadas

- Bakir, C. N., Yalçın, E., Çavuşoğlu, K. & Sipahi, K. S. (2022). Qualitative and quantitative phytochemical screening of *Nerium oleander* L. extracts associated with toxicity profile. *Scientific reports*, 12: 2142.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia, Fitoquímica, Plantas Medicinales*. Segunda Edición. Acribia Zaragoza
- Díaz, V., Caicedo, A. M. y Carabalí, A. (2017). Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 33: 231-242.
- García, A., Méndez, V., & Morales, G. (2004). El aguacatero: plagas y enfermedades. Dirección General de Sanidad Vegetal. 14-15.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2022). Espacio y datos de México. Recuperado 05 de julio 2022 de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=202960001>.
- Mendoza, G. E. E., Ortega-Arenas, L. D., Pérez-Pacheco, R., & Rodríguez-Hernández, C. (2010). Repellency, toxicity, and oviposition inhibition of vegetable extracts against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74.
- Rodríguez, H. C., & Vendramim, J. D. (2008). Substancias vegetales para el manejo de moscas blancas. In: *Moscas blancas temas selectos sobre su manejo*. S. Infante G. (ed.) 1a Edición. Colegio de Postgraduados. Mundiprensa. México. 83-102p.

Necesidad de estrategias para el aprovechamiento sustentable de la rosita de cacao en Huayapam, Oaxaca

Fernando Eli Ortiz-Hernández¹, Yolanda Donají Ortiz-Hernández^{2,*}, Marco Aurelio Acevedo-Ortiz², Gema Lugo-Espinosa²

Resumen. En este estudio se analiza la importancia del rosital (*Quararibea funebris*) en San Andrés Huayapam, Oaxaca, lugar conocido por el “tejate” bebida ancestral de exquisito e inigualable sabor, que los pobladores llaman la bebida de los dioses. El estudio se considera de tipo cualitativo, transversal y descriptivo, donde se pudo constatar que “el rosital” es un árbol muy apreciado y protegido por la población de Huayapam. Los rositales se encuentran principalmente como plantas de ornato en los patios o traspatios de las casas establecidas dentro del área urbanizada. Se pudo constatar que las flores del rosital, cariñosamente llamadas “rosita de cacao”, confieren un toque mágico al sabor del tejate. En esta comunidad, la rosita de cacao y el tejate constituyen un factor de unión y convivencia familiar, al transmitir de generación en generación el conocimiento tradicional del manejo de la planta y la elaboración del tejate. Sin embargo, este árbol requiere para su crecimiento y desarrollo abundante agua durante todo el año, su propagación es principalmente por semillas, la mayoría de los árboles son viejos y varios de ellos muestran daños por quemadura de sol. Por lo tanto, son necesarias estrategias para la conservación y aprovechamiento sustentable de este recurso.

Palabras Clave: Malvaceae, *Quararibea*, Árbol Tropical, Flor Comestible, Bebida Ancestral.

Abstract. This study analyzes the importance of rosital (*Quararibea funebris*) in San Andrés Huayapam, Oaxaca, a place known for the exquisite and incomparable flavor of the ancestral drink called "tejate," which the inhabitants refer to as the drink of the gods. The study is considered qualitative, cross-sectional, and descriptive, aiming to demonstrate that rosital is highly appreciated and protected by the population of Huayapam. The rose bushes are primarily found as ornamental plants in the patios or backyards of houses within the urbanized area. It has been observed that the flowers of the rosital, affectionately called "rosita de cacao," add a magical touch to the flavor of tejate. In this community, rosita de cacao and tejate play a unifying role, promoting family coexistence and transmitting traditional knowledge of plant management and tejate production from one generation to another. However, the growth and development of this tree require abundant water throughout the year, and its propagation is mainly through seeds. Most of the trees are old, and several show damage from sunburn. Therefore, it is necessary to develop strategies for the conservation and sustainable use of this resource.

Keywords: Malvaceae, *Quararibea*, Tropical Tree, Edible Flower, Ancestral Beverage.

1. Introducción

Oaxaca cuenta con gran diversidad biológica y cultural, con una compleja heterogeneidad ambiental, diversos tipos de suelos, muchos y variados ecosistemas desde matorrales espinosos hasta bosques

¹Instituto Politécnico Nacional. ESIME-UPC, Ciudad de México, México.

²Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-Oaxaca, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: yortiz@ipn.mx

tropicales y más de 12500 especies de flora y fauna, muchas de ellas conocidas, nombradas y utilizadas por los habitantes locales (Ordóñez & Rodríguez, 2008). Asimismo, la diversidad biológica aporta directa o indirectamente al humano los materiales básicos para subsistir, influye en la salud y las relaciones sociales. Ordóñez & Rodríguez (2008) comentan que en Oaxaca prevalecen productores que tienen una actitud frente a la naturaleza y la producción muy particular, que se basa en una relación sociedad-naturaleza iniciada hace más de 12 000 años y que ha generado muy diversos procesos de apropiación/producción que se han transmitido de generación en generación, heredando tradiciones que tienden a hundir sus raíces en formas civilizadoras premodernas o preindustriales.

San Andrés Huayapam, Oaxaca, es una comunidad indígena zapoteca que ha experimentado transformaciones y aún conserva su identidad cultural, se le conoce como la cuna del Tejate (del nahuatl: *textatl*, que significa agua harinada), que han bautizado como la bebida de los dioses, porque su sabor es único e inigualable debido a los múltiples ingredientes seleccionados y utilizados para su preparación. Es una bebida hecha con cacao, maíz, semilla de mamey, ceniza y rosita de cacao, ésta última es una flor comestible con aroma y sabor dulce proveniente del rosital (*Q. funebris*). El tejate es considerado como patrimonio cultural de la gastronomía oaxaqueña, en relación con el carácter prehispánico que le dan y que es de amplia difusión y venta en el ámbito turístico y no turístico (Valtierra Zamudio, 2018). Sin embargo, la comunidad indígena no es solo un conjunto de casas con personas, más bien son personas con historia, pasado, presente y futuro, donde se involucra también su espiritualidad y la naturaleza (Díaz, 2007).

Por otra parte, el rosital (*Q. funebris*) es un árbol tropical de la familia Malvaceae, sus flores blancas son muy aromáticas (Rosengarten, 1977). En México, su distribución es de la vertiente Golfo (norte de Puebla, Veracruz y Chiapas) y en la vertiente del Pacífico en Chiapas (Pennington & Sarukhán, 2005) de selvas altas y medianas perennifolia (Vázquez-Negrin et al., 2011). Pennington & Sarukhán (2005) mencionan que *Q. funebris* prevalecen en zonas muy húmedas y sombreadas donde hay suelos calizos y también de origen volcánico. Asimismo, señalan que estos árboles pueden alcanzar 25 m de alto con un tronco de 60 cm de diámetro, no registraron que pudiera usarse como un árbol maderable pero sus ramas jóvenes sirven para hacer molinillos y las flores para aromatizar al pozol (bebida a base de maíz y cacao). El objetivo de este trabajo fue analizar la importancia del rosital (*Q. funebris*) en San Andrés Huayapam, Oaxaca, y las perspectivas para su aprovechamiento sustentable hacia la conservación de este recurso.

2. Materiales y Métodos

San Andrés Huayapam (del náhuatl: *hueyatl*: mar, *pan*: sobre 'Sobre el mar'), pertenece a la región de los Valles Centrales de Oaxaca, ubicada en las coordenadas 96°40' longitud oeste, 17°06' latitud norte con una extensión territorial de 28.12 km², a 13 km de la ciudad de Oaxaca y a una altura de 1710 msnm, con una precipitación pluvial de 687.6 a 873.9 mm y temperatura promedio anual de 18.5°C.

El estudio se considera de tipo cualitativo, transversal y descriptivo, utilizando para la recopilación de información fuentes primarias técnicas como la observación directa y las entrevistas individuales informales semiestructuradas de acuerdo a la metodología establecida por López-Cruz et al. (2020) y análisis de documentos. Asimismo, se consultaron las páginas electrónicas climáticas de <https://es.weatherspark.com/> de cuatro lugares contrastantes donde hay presencia de *Q. funebris* para analizar el motivo por el cual Rosengarten (1997) refirió a esta especie como inusual en Oaxaca.

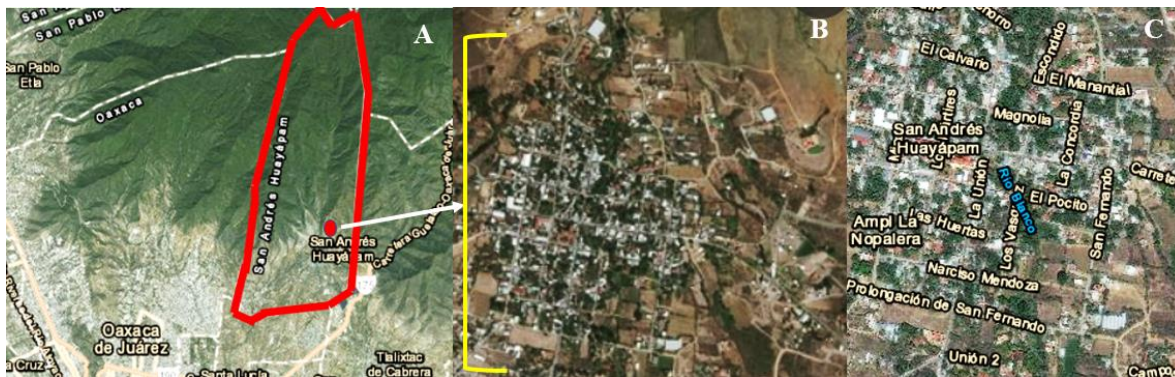


Figura 1. Figura 1. Imágenes satelitales de la ubicación geográfica obtenidas de Google: A. San Andrés Huayapam, Oaxaca. B. Centro de Huayapam. C. Concentración de rositales en la zona urbana.

3. Resultados y Discusión

Oaxaca se caracteriza por la gran riqueza natural y diversidad cultural, así como sus fiestas patronales o religiosas. En San Andrés Huayapam, la preparación del Tejate es realizada principalmente por las mujeres, quienes además de generar un mayor ingreso familiar no dejan de hacer sus labores domésticas (Lugo-Espinosa et al., 2021). Las mujeres formaron la Unión de mujeres productoras de Tejate (son más de 100 mujeres), que apoyadas por las autoridades e integrantes de Huayapam, año con año han incrementado la difusión de eventos culturales y es así como, durante el tradicional Domingo de Ramos, la fe y el sabor prehispánico se unen para festejar la Feria del Tejate (Lugo-Espinosa et al., 2021). Durante este día la comunidad coloca alrededor del templo y en la avenida principal más de 70 puestos que también ofrecen otros productos elaborados con la masa del tejate (galletas, nicuatole, pasteles, panqués, paletas, nieves, panes y tejate en polvo) además de varios platillos regionales (empanadas, tamales, tacos blandos, barbacoa, mole entre otros).

El tejate se toma frío y el costo por litro o jícara grande es de 30 pesos. La preparación del tejate se realiza con una masa de maíz nixtamalizado, semilla de mamey, ceniza de encino, flores tostadas de rosita de cacao, al cual se le va añadiendo agua para espumarlo y posteriormente es endulzado con una miel de azúcar, aunque también muchos la prefieren sin endulzar. En este día, la afluencia turística es muy significativa tanto para asistir a la misa tradicional como para probar la bebida prehispánica por excelencia de esta comunidad. Cabe señalar, que hay establecimientos que venden tejate durante los 365 días del año y son atendidos por mujeres, como “la flor de Rosita”, de igual manera hay otros establecimientos que ofrecen esta deliciosa bebida, siendo mayor la venta los fines de semana (Figura 2).

Los pobladores mencionan, que en el año 2019 se realizó la XX feria del Tejate, en ese año recibieron aproximadamente de 40 a 43 mil personas. Sin embargo, la feria fue suspendida durante los años 2020 y 2021 debido a la pandemia por COVID. El acceso a la comunidad quedó totalmente restringido a cualquier visitante como medida sanitaria para ellos, tal evento afectó seriamente la economía de las mujeres tejateras (Lugo-Espinosa et al., 2021).

A mediados del 2022 se volvió a reactivar la venta de tejate por los pobladores de Huayapam, pero será hasta el 2023 cuando vuelvan a organizar la feria del Tejate si las condiciones de salud así lo permiten. Por otra parte, dentro de las festividades de la Guelaguetza 2022, la Secretaría de Turismo

del Gobierno del Estado de Oaxaca en conjunto con la Unión de Mujeres Productoras de Tejate, autoridades municipales de Oaxaca de Juárez y San Andrés Huayapam, fomentaron la XV Feria del Tejate y el Tamal en la plaza de la Danza para deleitar el paladar de vitantes y a la ciudadanía Oaxaqueña.



Figura 2. Feria del Tejate (izquierda), establecimiento de Tejate “La flor de Rosita” y mural representativo al tejate y al rosital (derecha). Fotos de: Fernando Ortiz y Yolanda Ortiz.



Figura 3. Rosital de Huayapam (izquierda). Flores frescas para su secado sobre láminas y Flores secas (derecha). Fotos de: Gema Lugo y Marco Acevedo.

San Andrés Huayapam, es el único lugar en Oaxaca donde se pueden observar varios rositales (*Q. funebris*), que Rosengarten (1977) refirió como una especie inusual en Oaxaca, debido a que este árbol es de origen tropical (Pennington y Sarukhán, 2005) y Huayapam no es zona tropical (Figuras 4 y 6). Rosengarten (1977) comenta que por alguna razón este árbol fue introducido, adoptado y protegido en

Huayapam de tal manera que hoy en día es un árbol emblemático para esta comunidad (Lugo-Espinosa et al., 2021), inclusive en el logotipo oficial de la presidencia municipal se encuentra un rosital y las flores de rosita de cacao; además de exponerse murales alusivos a esta planta en la presidencia municipal y calles aledañas (Figura 2).

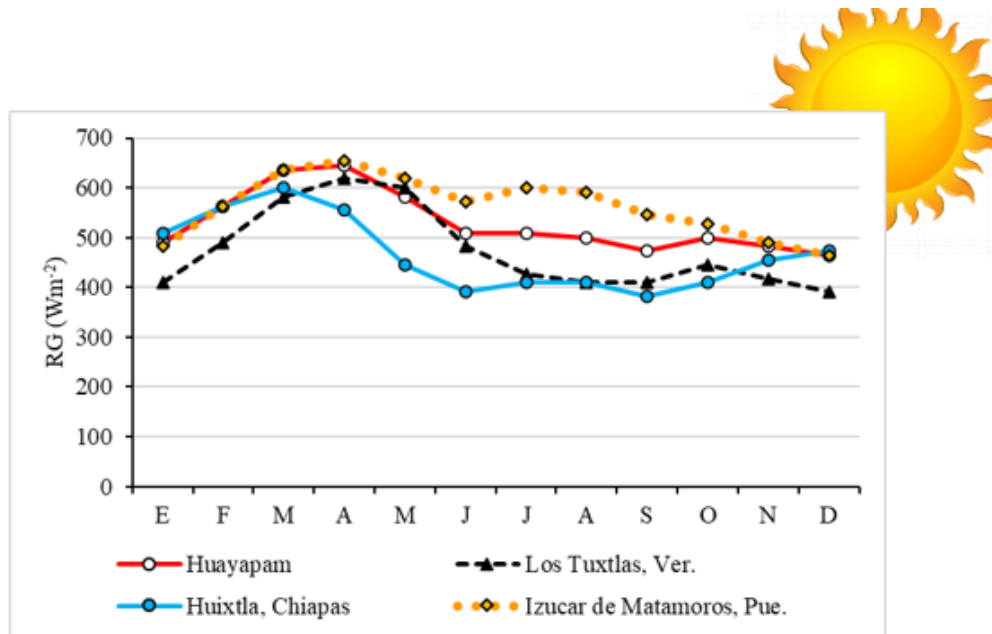


Figura 4. Radiación global de cuatro lugares donde crece *Q. funebris*. Datos obtenidos de <https://es.weatherspark.com/>. Elaboración de gráfico: Yolanda Ortiz.



Figura 5. Rosital en buen estado (izquierdo). Daños visibles por quemaduras de sol (medio y derecha). Fotos de: Yolanda Ortiz y Marco Acevedo.

Rosengarten (1977) narra que el nombre de “funebris” de acuerdo con el botánico español Pablo de la Llave, escuchó decir que los habitantes de Izúcar, Puebla velaban a los difuntos bajo del follaje de las grandes ramas del árbol de Quararibea. Sin embargo, en Huayapam no hay evidencia de esto, desconocen esta leyenda y tampoco conocen el nombre científico del rosital, y opinan que no han imaginado velar a algún difunto debajo de estos árboles, por muy aromático que el árbol sea. Más bien, debajo de estos árboles acostumbran utilizarlos como sombraderos para sus autos (Figura 5) o para establecer comedores tradicionales, donde el comensal es atraído por el delicado aroma de las flores además de probar el exquisito tejate y otros alimentos, y al mismo tiempo los visitantes comensales escuchan y ven como se elabora el tejate y cómo la molendera (tejatera) integra las florecitas secas de rosita de cacao al Tejate.

En la figura 4, se puede apreciar que la radiación global es mayor en Huayapam, Oaxaca e Izúcar, Puebla con respecto a Los Tuxtlas, Veracruz y Huixtla Chiapas, pero en estos dos últimos sitios la precipitación pluvial anual es mayor a los 1700 mm, lo cual propicia mayor humedad en el ambiente, a pesar de que las temperaturas son más altas los árboles crecen mejor; mientras que, en los dos primeros lugares la precipitación es de 700 a 870 mm (Figura 6).

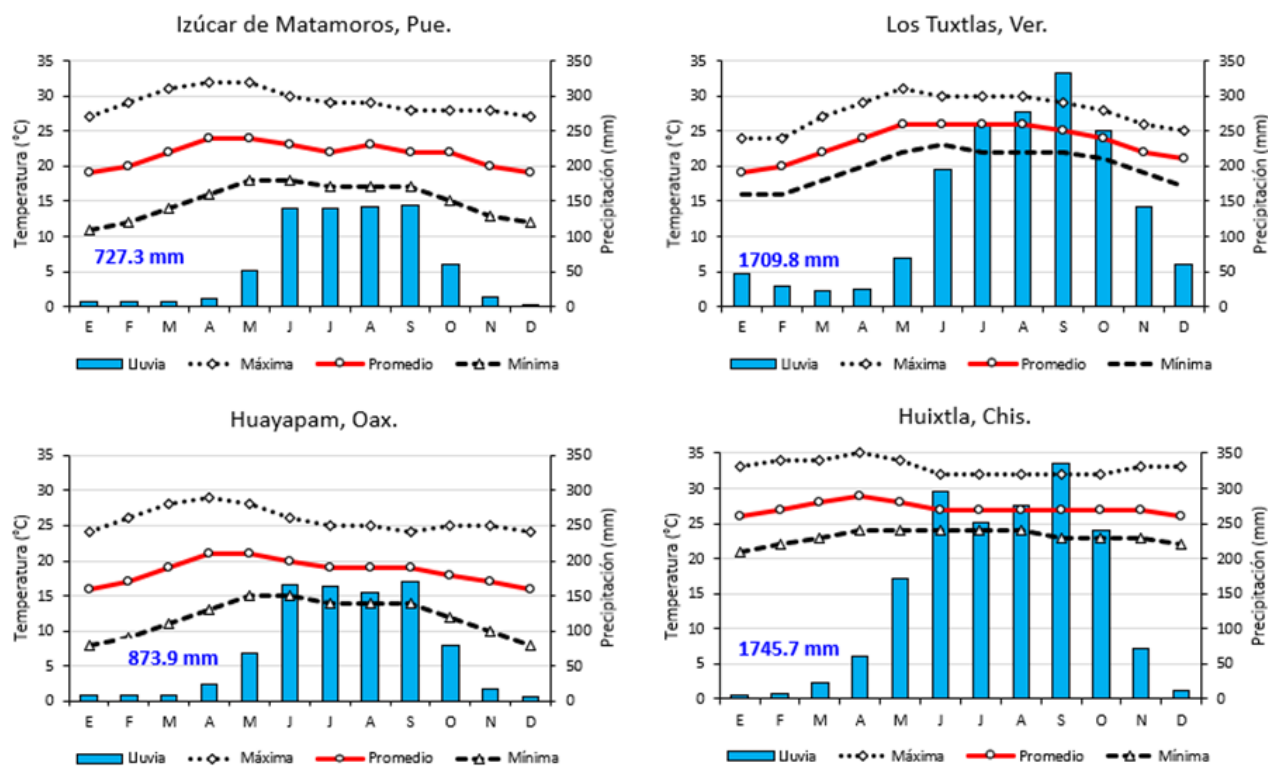


Figura 6. Condiciones climáticas en cuatro lugares donde crece *Q. funebris*. Datos obtenidos de <https://es.weatherspark.com/>. Elaboración de gráficos: Yolanda Ortiz.

En Huayapam, no existen plantaciones de rositales, los árboles existentes en esa localidad se encuentran en los patios o traspatios de los predios del área urbanizada (Figura 5); sin embargo, esta localidad se caracteriza por tener un ambiente húmedo, condición que ayuda al crecimiento de la vegetación. Los rositales provienen de semilla, cuya germinación es lenta y viabilidad corta como lo han demostrado Ríos-García et al. (2018) quizás por tratarse de un árbol tropical no se pueden almacenar por mucho tiempo las semillas. Los rositales tienen una altura máxima de 12 m, no son tan altos como lo mencionan Pennington & Sarukhán (2005) para Veracruz y Chiapas, estos árboles requieren abundante agua todo el año, su época de mayor floración es durante la época de lluvias, pero si los árboles son abastecidos con abundante agua pueden tener flores por más tiempo. En la época de lluvias, deben recolectar rápidamente las flores porque si el agua las moja son desechadas por tomar un aspecto desfavorable al oscurecerse rápidamente.

Las flores blancas con buen aspecto son recolectadas de una por una con la ayuda de una garrocha hecha con un carrizo que mide de 4 a 6 m de longitud donde amarran a uno de sus extremos la mitad de una botella de plástico desechable de 500 ml con unas hendiduras. Después colocan las florecitas recolectadas sobre petates o láminas a media sombra o a pleno sol para deshidratarlas y secarlas (Figura 3). El tiempo de secado puede durar una semana o semana y media sino está lloviendo. Posteriormente, son almacenadas en bolsas plásticas para venderlas o para utilizarlas durante todo el año para la preparación del tejate; cabe mencionar que el agradable aroma de las flores secas permanece durante varios meses. Para quienes deseen comprar las flores, pueden adquirirlas en fresco o en seco, cada flor en fresco tiene un costo de un peso o tres flores por dos pesos, y secas tienen un costo de 300 pesos por 250 gramos. Por otro lado, los pobladores comentan que antes Huayapam abastecía de agua a varios lugares de Oaxaca porque sus manantiales tenían agua en abundancia, pero que durante la época de sequía también tienen escasez de agua y sólo abastecen con pipas a los habitantes de la comunidad. Aunado a esto, los pobladores comentan la presencia del gusano descortezador que está afectando a los rositales.

4. Conclusiones

De lo anterior se desprende que el cambio climático, está afectando la producción de flores y el crecimiento y desarrollo de los rositales, porque hay escasez de agua en la época seca y este árbol requiere abundante agua durante todo el año para su mantenimiento y producción de flores. Los árboles más viejos presentan daños por quemadura de sol más los daños del descortezador y la propagación por semilla es lenta y la viabilidad de la semilla es corta. Por lo tanto es necesario las estrategias para el aprovechamiento sustentable: 1) del agua con obras de retención de agua, riego por goteo y capacitación a productores; 2) capacitación a productores para atender árboles dañados por el gusano descortezador y otras plagas; 3) Continuar fomentando la elaboración del tejate tradicional e incrementar su valor agregado, y 4) nuevo procedimiento para la propagación y acelerar su crecimiento (uso de viveros, bioespacios y capacitación a productores sobre nuevas técnicas de propagación amigables con el ambiente).

Agradecimientos

A los pobladores de Huayapam por conservar sus Rositales, a las mujeres de la comunidad por la magnífica elaboración del Tejate, bebida ancestral de gran exquisitez inigualable y nutritiva, y al

Instituto Politécnico Nacional por el proyecto SIP 20221331. A la Dra. Yolanda Donají Ortiz Hernández, participante del proyecto y profesora del CIIDIR-Oaxaca. A los postdoctorantes CONAHCYT-IPN CIIDIR Oaxaca: Marco Aurelio Acevedo Ortiz y Gema Lugo, por su apoyo fotográfico, aplicación de entrevistas y análisis de la información.

Referencias Citadas

- Díaz, F. (2007). Escrito. Comunalidad energía viva del pensamiento mixe. Ayuujksënää yën - ayuujkwënää ny - ayuujk mëk äjtën. In: Sofía Robles Hernández y Rafael Cardoso Jiménez (compiladores). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- López-Cruz, J. Y., Ortiz-Hernández, Y. D., Ortiz-Hernández, F. E. (2020). Uso del *Dasyilirion acrotrichum* y la necesidad de estrategias para la conservación y aprovechamiento sustentable de este recurso. In: Granados-Echegoyen C., Hinojosa-Garro D., Alonso-Hernández N. (ed.s). Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre: Promoviendo Vocaciones Científicas. Conservación y Aprovechamiento Sustentable. pp. 119-124. Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, México. ISBN: 978-607-8444-73-1
- Lugo-Espinosa, G., Acevedo-Ortiz, M.A., Ortiz-Hernández, F. E. (2021). Análisis del turismo en Huayapam, desde la perspectiva de género y en el contexto de pandemia. In: Rózga Luter, R. E., Serrano Oswald, S. E. y Mota Flores, V. E. [Coords.]. Innovación, turismo y perspectiva de género en el desarrollo regional. (Vol. V, Colección: Recuperación transformadora de los territorios con equidad y sostenibilidad). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional, Ciudad de México: ru.iiec.unam.mx/5621/
- Ordóñez, M. J.; Rodríguez Hernández, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultura de México, y sus productores rurales. *Ciencias* 91: 54-64. <https://www.revistacienciasunam.com/pt/44-revistas/revista-ciencias-91/232-oaxaca-el-estado-con-mayor-diversidad-biologica-y-cultural-de-mexico-y-sus-productores-rurales.html> Consultado 08/12/22.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán, (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies, 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México, 523 p.
- Ríos-García, C. A., Orantes-García, C., Moreno-Moreno, R. A., Farrera-Sarmiento. O. (2018). Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad y germinación de dos especies arbóreas tropicales. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios*, 5(13):103-109.
- Rosengarten, F. (1977). An unusual spice from Oaxaca: The flowers of *Quararibea funebris*. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 25(7):183-202.
- Valtierra Zamudio, J. (2018). El patrimonio cultural en el proceso educativo mexicano. *Academicus*, 1: 22-3. <http://www.ice.uabjo.mx/media/15/2019/03/cuerpoAcademicus12A2019SegundaEdici%C3%B3n.pdf> . Consultado 12/12/2022.
- Vásquez-Negrin, I., Castillo, A. O., Valdez H. J. I., Zavala, C. J., Martínez, S. J. L. (2011). Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héros Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica*, 32: 41-61.
- Ali, M.A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, H.R., Islam, M., Wang, Y., Sun, G. & Binli, L. (2020). Advancements in Plant and Microbe-Based Synthesis of Metallic Nanoparticles and Their Antimicrobial Activity against Plant Pathogens. *Nanomaterials*, 10: 1-24.

Manos migrantes que elaboran mezcal artesanal como factor de desarrollo rural en Matatlán Oaxaca

Gema Lugo-Espinosa^{1,*}, Marco Aurelio Acevedo-Ortiz¹, Yolanda Donaji Ortiz-Hernández¹, Oscar Luis Figueroa-Rodríguez²

Resumen. La migración en las comunidades de Oaxaca, es un fenómeno común, pero cuando los migrantes deciden regresar a su lugar de origen encuentran dificultades para adaptarse a la vida cotidiana y laboral. Optan por ofertar su mano de obra y dominio del idioma inglés en empresas mezcateras, donde la comunicación de los productores con turistas extranjeros suele ser un problema. La investigación analizó el cambio social que representa la incorporación de migrantes que retornan a empresas mezcateras en Matatlán. Se realizaron entrevistas en la zona para conocer el contexto social y productivo de los migrantes. Los resultados muestran que: a) la producción de mezcal artesanal funcionó como mecanismo de generación de empleos; b) Su incorporación a la actividad se debe al arraigo cultural e identidad y sentido de pertenencia, c) las empresas mezcateras llevan a cabo prácticas productivas sustentables; d) los migrantes se sienten tranquilos de regresar a su país y tener una fuente de empleo; y e) se fortalecieron vínculos comerciales para la exportación del mezcal artesanal. Se concluye que la producción de agave y mezcal artesanal representa una alternativa de desarrollo económico en Matatlán Oaxaca para la comunidad productora y para los migrantes que retornan.

Palabras clave: Migración, Retorno, Mezcal Artesanal, Empleo, Desarrollo.

Abstract. Migration in the communities of Oaxaca is a common phenomenon. However, when migrants decide to return to their native land, they often face difficulties in adapting to daily life and work. As a result, many choose to offer their labor and English language skills in mezcal companies, where communication between producers and foreign tourists is frequently a challenge. This research analyzes the social change represented by the integration of returning migrants into mezcal enterprises in Matatlán. Interviews were conducted in the area to explore the social and productive context of these migrants. The results indicate that: a) the production of artisanal mezcal serves as a means of generating employment; b) their involvement in this activity stems from their cultural roots, identity, and sense of belonging; c) the mezcal companies implement sustainable production practices; d) the migrants feel reassured about returning to their country and having a source of employment; and e) commercial connections have been strengthened to facilitate the export of artisanal mezcal. In conclusion, the production of agave and artisanal mezcal presents an economic development alternative in Matatlán, Oaxaca, benefiting both the producing community and the returning migrants.

Keywords: Migration, Return, Artisanal Mezcal, Employment, Development.

1. Introducción

Matatlán es un lugar donde se culiva maguey y su producción contribuye a la elaboración de mezcal artesanal, la producción de especies nativas abona a la conservación genética de los agaves nativos;

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Oaxaca, Oaxaca, México.

²Colegio de Postgraduados, Desarrollo Rural, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para la correspondencia: mcgema@gmail.com

delimitando una calidad de especies en la región. Es un municipio con alto índice de marginación y se encuentra ubicado a una gran distancia de las grandes ciudades, la alternativa económica ha sido la propagación de agave. La economía de Santiago Matatlán se constituye de la venta de artesanías y elaboración de mezcal. Este municipio es denominado como la “capital mundial del mezcal”.

Santiago Matatlán colinda al norte con el municipio de Tlacolula de Matamoros; al sur con San Dionisio Ocotepec; al oeste con San Lucas Quiavini, San Bartolomé Quialana y San Baltazar Chichicapán (Pérez Barroso & Ayuntamiento Santiago Matatlán, 2008). El municipio se rige por usos y costumbres donde la toma de decisiones se realiza mediante la asamblea comunitaria. A continuación, en la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación:

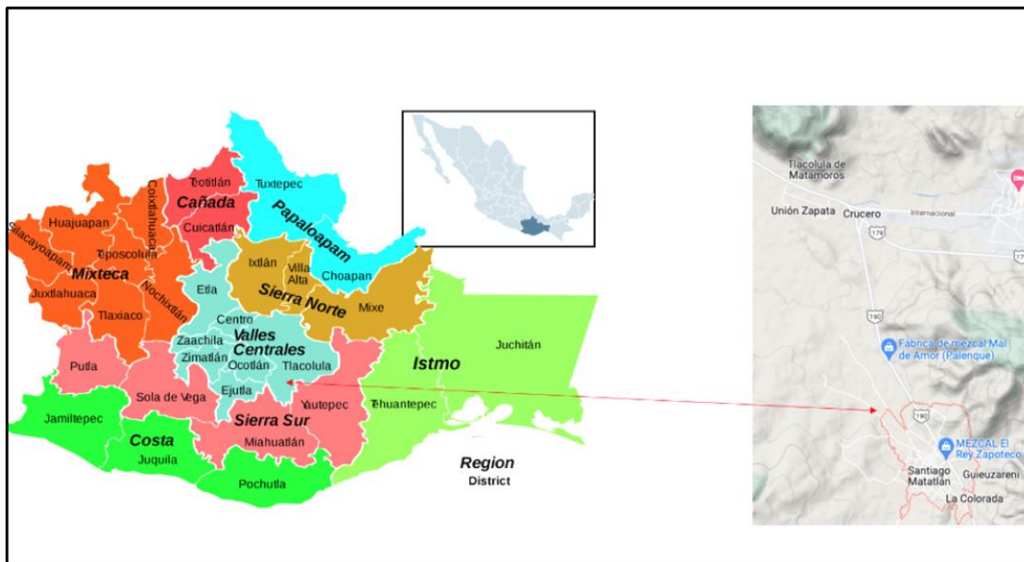


Figura 1. Mapa de ubicación- Santiago Matatlán.

Matatlán conserva grupos indígenas zapotecas que respetan y cuidan sus recursos naturales mediante el sistema de usos y costumbres. La población de Santiago Matatlán es de 10,175 personas, que corresponden a 5,461 mujeres y 4,714 hombres. Tiene un alto grado de marginación (CONEVAL, 2020). En esta zona se concentra más del 90% de la producción de mezcal a nivel estatal (Ríos & Kumar, 2012). El cultivo de maguey se distingue por el uso y apropiación de técnicas de agroecología y mitigación de plagas de forma natural. En Matatlán Oaxaca, prevalecen condiciones de desigualdad enmarcan un alto índice de marginación (DGPA, 2022).

El actual modelo de desarrollo es insostenible debido a las grandes desigualdades sociales que desencadena los factores como las brechas de desigualdad de desarrollo (Guillochon, 2003), crisis económicas, desempleo, trabajo informal, conflictos internos, inseguridad, violencia y régimen político suelen incidir en la toma de decisión de la población a dejar su lugar de origen en busca de mejores oportunidades y la búsqueda de una calidad de vida digna (Solimano & Allendes, 2007).

Como medio para enfrentar la desigualdad social, algunos miembros de las familias emigran hacia países en desarrollo, pero se enfrentan peligros para su integridad. Los que logran cruzar e instalarse en el país destino suelen apoyarse de redes de ayuda como conocidos, familiares, paisanos;

pero aquellos que no encuentran apoyo, se enfrentan con dificultades para establecerse y con ello sucesivamente ocurre el retorno a su país de origen. La reincorporación en su país destino resulta compleja porque inician desde la experiencia de aprendida en otro país con idioma, costumbres y estilo de vida diferente.

2. Materiales y Métodos

Se realizó una metodología cualitativa, en la que inicialmente se llevo a cabo un reconocimiento de la zona de estudio, identificando las empresas de mezcal que tuvieran accesibilidad y disposición de brindar información con la selección por el método cualitativo por conveniencia (Bryman, 2012). Lo cuál permitió un análisis contextual de la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales como el agave para generar un cambio social (Acevedo-Ortiz et al., 2017; Lugo-Espinosa et al., 2021). Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas en empresas mezcaleras en la zona para conocer el contexto social y productivo. A la par, se realizó la observación participativa en los procesos de elaboración del mezcal artesanal en las empresas de la zona.



Figura 2. Observación participativa de la investigación

3. Resultados y Discusión

Las fábricas de mezcal distribuyen su mercancía en tiendas ubicadas en los principales puntos turísticos de la ciudad de Oaxaca, en mercados locales, ferias regionales y socios comerciales en el extranjero. Durante la pandemia por COVID-19, en el año 2020, migrantes que se encontraban en el país destino de Estados Unidos de América, tuvieron que retornar a su lugar de origen debido al cierre de actividades presenciales y a las restricciones en las empresas de trabajo (Sánchez-Talanquer et al., 2021).

Por lo que, los migrantes que retornaron a su lugar de origen, aunque encontraron dificultades al inicio de su regreso para adaptarse a la vida cotidiana y laboral en sus comunidades (Malpass, 2021),

optaron por la incorporación en actividades productivas del mezcal artesanal lo que coadyuvó a la inclusión y a la economía familiar de estas personas (Antonio Bautista et al., 2015; Bautista & Smit, 2012) que retornaron porque se integraron en actividades de siembra, propagación de agave, producción y envasado de mezcal, así como el servicio al cliente, principalmente en atención a extranjeros. En la siguiente figura 3, se muestra el trabajo de los migrantes que regresaron como intérpretes.



Figura 3. Recorridos, visitas, entrevistas.

De tal modo que: a) la producción de mezcal artesanal funcionó como mecanismo de respuesta de generación de empleos ante el regreso de migrantes; b) la incorporación de migrantes a la producción de mezcal se debe al arraigo cultural e identidad y sentido de pertenencia, c) las empresas mezcaleras llevan a cabo prácticas productivas sustentables; d) los migrantes se sienten tranquilos de regresar a su país y tener una fuente de empleo; y e) se fortalecieron vínculos comerciales para la exportación del mezcal artesanal.

4. Conclusiones

La producción de agave y mezcal artesanal representa una alternativa de desarrollo económico en Matatlán Oaxaca para la comunidad productora y para los migrantes que retornan. El reto se encuentra en incentivar al campo para apoyar a los productores para detonar mayores fuentes de empleo e integrar a los migrantes que regresan a su comunidad. Además de que a través de este valor se genera capital social y un arraigo para los migrantes que retornan y buscan permanecer en sus comunidades.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto al Instituto Politécnico Nacional, y a mis colegas investigadores por el apoyo para el desarrollo de la metodología y acompañamiento en campo, así como, al CONAHCYT por la estancia postdoctoral de los dos primeros autores.

Referencias Citadas

- Acevedo-Ortiz, M. A., Ortiz-Hernández, Y. D., Pérez-Pacheco, R., & Lugo-Espinosa, G. (2017). The community committee on hydrological resources management in San José Chiltepec, Oaxaca, Mexico. *Idesia*, 35(4).
- Antonio Bautista, J., Cirilo, S. O., & Bautista, J. A. (2015). The decline of craft production of mezcal in the Region of mezcal in Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1291–1305.
- Bautista, J. A., & Smit, M. A. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3:5–20.
- Bryman, A. (2012). Social research strategies. In *Social Research Methods* (2012th ed.). OUP Oxford.
- CONEVAL. (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020.
- DGPA. (2022). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022.
- Guillochon, B. (2003). (2003). La globalización ¿Un futuro para todos? (Grupo Anaya Comercial, Ed.; 1st ed.). Biblioteca actual Larousse.
- Lugo-Espinosa, G., Acevedo-Ortiz, M. A., & Ortiz Hernández, F. E. (2021). Análisis del turismo en Huayapam, desde la perspectiva de género y en el contexto de pandemia.
- Malpass, D. (2021, Autumn 1). La crisis de la COVID impulsa el aumento del precio de los alimentos para las personas más pobres del mundo. *Voces*. <https://blogs.worldbank.org/es/voces/la-covid-impulsa-el-aumento-del-precio-de-los-alimentos-para-los-mas-pobres>
- Pérez Barroso, R., & Ayuntamiento Santiago Matatlan, H. (2008). Consejo Municipal De Desarrollo Rural Sustentable.
- Ríos, M., & Kumar Acharya, A. (2012). Reorientación productiva de los migrantes: el caso de Santiago Matatlán, Oaxaca. *Migración y Desarrollo*, 10:92–116.
- Sánchez-Talanquer, M., González-Pier, E., Sepúlveda, J., Abascal-Miguel, L., Fieldhouse, J., del-Río, C., & Gallalee, S. (2021). La respuesta de México al Covid-19: Estudio de caso. In *Institute for Global Health Sciences*.
- Solimano, A., & Allendes, C. (2007). Migraciones internacionales, remesas y el desarrollo económico: la experiencia latinoamericana. NU. CEPAL. División Económica.

Extracción de lípidos de la levadura *Rhodotorula glutinis* por ultrasonido evaluando potencia y tiempo

Ivonne Mena-Vázquez¹, Beatriz Gutiérrez-Rivera¹, Luis Alfredo Ortega-Clemente², Ana Line Vázquez-Larios¹, Paula Natalia Robledo-Narváez¹, Ángel Cardenas-Cágal³

RESUMEN. Actualmente algunas especies de levaduras son consideradas como una fuente de obtención de biolípidos. Su pared celular está compuesta principalmente de glucano y manano, aportando rigidez. Por otro lado, la técnica de ultrasonido se basa en la cavitación, provocando efectos de pelado, erosión, ruptura de las células y organelos, provocando el adelgazamiento de la pared celular y el incremento del rendimiento en la extracción de lípidos, debido a una mayor interacción con los solventes. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de extracción de lípidos por sonicación en *Rhodotorula glutinis* aplicando una potencia de 25, 50, 75 y 100% y tiempos de 10, 20, 30, 40 minutos (min). Al incrementar la potencia ultrasónica el rendimiento de lípidos aumenta. Sin embargo, en los lapsos de operación de 20, 30 y 40 min, no existe una diferencia significativa aplicando una potencia del 100%, por lo que las condiciones seleccionadas para obtener el mayor contenido de lípidos fueron una potencia de 100% y 20 min, con un rendimiento de $92.32 \pm 0.0092\%$ y producción de $6.15 \pm 0.0058 \text{ gL}^{-1}$. Cabe mencionar, que el método de ultrasonido no requiere de un proceso previo de secado de biomasa, disminuyendo costos durante el proceso; así como un menor volumen de solventes en comparación con las técnicas de extracción Soxhlet, Foch y Bligh-Dyer, que además emplean tiempos de extracción largos, por lo que el método de ultrasonido presenta menor impacto negativo con el medio ambiente.

Palabras clave: Lípidos, Levadura, Ultrasonido, Erosión.

ABSTRACT. Currently, some species of yeast are considered as sources for obtaining biolipids. Their cell walls are mainly composed of glucan and mannan, providing rigidity. On the other hand, the ultrasound technique is based on cavitation, which causes effects such as peeling, erosion, and rupture of cells and organelles. This leads to thinning of the cell wall and increased yield in lipid extraction, due to greater interaction with solvents. The objective of this study was to evaluate the performance of sonication lipid extraction in *Rhodotorula glutinis* by applying power levels of 25%, 50%, 75%, and 100% for durations of 10, 20, 30, and 40 minutes. As the ultrasonic power increased, the lipid yields also increased. However, there was no significant difference in the 20, 30, and 40-minute operating periods when applying a power of 100%. Therefore, the conditions selected to obtain the highest lipid content were a power of 100% and a duration of 20 minutes, resulting in a yield of $92.32 \pm 0.0092\%$ and a production of $6.15 \pm 0.0058 \text{ g/L}$. It is worth mentioning that the ultrasound method does not require a prior biomass drying process, reducing costs during the extraction process. Additionally, it requires a lower volume of solvents compared to the Soxhlet, Foch, and Bligh-Dyer extraction techniques, which also involve long extraction times. As a result, the ultrasound method has a lesser negative impact on the environment.

Keywords: Lipids, Yeast, Ultrasound, Erosion.

¹TecNM-Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, Veracruz, México.

²TecNM/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Veracruz, México.

*Autor para la correspondencia: ivonne18429@gmail.com , beatriz.gutierrez@itstb.edu.mx

1. Introducción

El rápido incremento de la probación, los escasos de productos alimentarios, el cambio climático y la creciente disminución de los recursos naturales, son algunas de las preocupaciones actuales que han impulsado colectivamente la búsqueda de nuevas fuentes de energía. En los últimos años los lípidos microbianos obtenidos de hongos, microalgas y levaduras, han llamado la atención, debido a su similitud en composición a los aceites y grasas de plantas o animales (Brar et al., 2022; Rajak et al., 2022).

Las levaduras resultan ventajosas debido a que poseen características como: cortos tiempos de crecimiento; el cual es micelial multicelular, tiempos de reproducción cortos; debido a que son asexuales, capacidad de crecer en una amplia gama de sustratos y fuentes de carbono, independientemente de la exposición a la luz (Osorio-Gonzalez et al., 2022; Rajak et al., 2022). Por otro lado, la composición nutricional es un parámetro importante para la producción de lípidos, pues una vez que existe un desequilibrio entre los componentes nutricionales, es decir, cuando la célula agota un nutriente clave, usualmente el nitrógeno, la asimilación de la fuente de carbono en exceso es destinada para la producción de lípidos (Kumar et al., 2021; Longati et al., 2022). *Rhodotorula glutinis* es capaz de obtener rendimientos de lípidos de más del 20 %, aplicando condiciones estrictas en los cultivos y métodos de extracción. Cabe mencionar que esta levadura consume glucosa, sacarosa, galactosa, lactosa y xilosa, como fuente de carbono, lo cual es una ventaja, para evaluar su capacidad de crecimiento en diversos medios, estos azúcares están presentes en varios sustratos de desecho baratos como suero, hidrolizados de biomasa y melaza de desecho (Chattopadhyay et al., 2021; Chmielarz et al., 2021). Por otro lado, posee una pared celular compuesta principalmente de quitina y manano, lo cual la vuelve dura, rígida y poco permeable, haciendo de esta forma difícil la extracción de lípidos mediante solventes sin lisis celular, obteniendo bajos rendimientos de biolípido, por lo que es importante la búsqueda de nuevos métodos de extracción de lípidos aplicados para levaduras oleaginosas (Khot et al., 2020; Liu et al., 2020).

La ultrasonificación es una técnica eficiente para la extracción de biolípido debido a la cavitación y la transmisión acústica que se generan durante el proceso (Khot et al., 2020c). El principio de funcionamiento implicado en la extracción por ultrasonido es el comportamiento de la cavitación, es decir, la formación, el crecimiento y el colapso de las burbujas. Dando como resultado, presión mecánica y físico-química, en la pared celular de las levaduras generando pelado de la superficie, erosión, ruptura de las células y organelos, provocado por los cambios de temperatura y presión (Patel & Matsakas, 2019), por lo tanto, una mayor penetración de los disolventes, obteniendo mayores rendimientos de extracción de lípidos, (Chopra et al., 2016). La cavitación da como resultado una convección intensa en los medios de cultivo, lo cual, conduce a la formación de microturbulencias y ondas de choque con amplitudes de hasta 30–50 bar. La microturbulencia puede desencadenar una mezcla más eficiente de la biomasa y el solvente, mientras que la ruptura de la pared celular puede resultar de las ondas de choque.

Estos efectos mejoran significativamente el rendimiento de lípidos durante la extracción de lípidos de la biomasa, sin embargo un factor clave para este método es el tiempo de exposición, debido a la liberación de lípidos que se encuentran en los organelos como los lípidos polares (fosfolípidos y glicolípidos) y lípidos no polares que se almacenan dentro de las células los cuales, se pueden emulsificar si se emplean tiempos largo y potencias altas (Meullemiestre et al., 2017; Pandey et al.,

2020). Debido a esto es importante la búsqueda de condiciones de operación de ultrasonido aplicadas en la extracción de biolipidos en levaduras oleaginosas, así como determinar el tiempo de operación y la potencia, con la finalidad de reducir los costos de operación.

2. Materiales y Métodos

Activación de la cepa y condiciones de cultivo. La cepa *R. glutinis* con clave CDBB-L-320, se adquirió en la Colección Nacional de Cepas Microbianas y Cultivos Celulares del Cinvestav-IPN y que fue aislada de pulpa de coníferas. Se activó por estriado en medio sintético compuesto por glucosa 10 gL⁻¹; xilosa 5 gL⁻¹; peptona 3 gL⁻¹, extracto de levadura 3 gL⁻¹, extracto de malta 3 gL⁻¹ y agar 20 gL⁻¹ en cajas Petri. Los medios se esterilizaron en autoclave a 121 °C y 15 PSI, durante 15 minutos. Las condiciones de crecimiento fueron 30 ± 1 °C, en una incubadora (LEEC COMPACT) por 24 horas, de acuerdo con lo propuesto por Estrada Mora (2021).

Medio de fermentación. Las cinéticas de fermentación fueron realizadas a aplicando una relación Carbono/Nitrógeno 2:1 la cual contenía glucosa 30 gL⁻¹, xilosa 15 gL⁻¹, extracto de levadura 0.5 gL⁻¹, sulfato de amonio 0.5 gL⁻¹, fosfato de potasio 7 gL⁻¹, fosfato de sodio 2.5 gL⁻¹, sulfato de magnesio 1.5 gL⁻¹, cloruro de calcio 0.1 gL⁻¹ y sulfato de zinc 0.02 gL⁻¹. Los medios se inocularon con una densidad celular inicial de 4x10⁶ cel mL⁻¹ de *R. glutinis*. Para su crecimiento se utilizó una agitadora (New Brunswick™ Innova ®43/43R Shaker) a 150 ± 1 rpm a 29 ± 1 °C por 144 h, de acuerdo a método modificado de (Chmielarz et al., 2021; Ngamsirisomsakul et al., 2021).

Extracción lipídica por método soxhlet. Los matraces de extracción se sometieron a sequedad durante 24 h a 60 °C hasta peso constante. Se colocaron 2 g de biomasa seca dentro de un dedal de extracción y se introdujo en la campana extractora. Se vertieron 100 mL de la mezcla de cloroformo/metanol (3:2 v/v) en el balón recolector y durante la extracción se mantuvo la temperatura a 60 °C y una velocidad de goteo constante durante 7 reflujos. El secado del matraz con los lípidos se realizó en incubadora a 60 °C durante 24 h, los cálculos para determinar el rendimiento de lípidos se muestran en la ecuación (Ec. 1) método modificado de Quiroz-Rodríguez & Freddy-Jonathan (2020). Ec.1. Grasa cruda (%) = [(peso matraz aceite – tara del matraz solo) / (peso de la muestra)]*100

Extracción lipídica por método ultrasónico. La biomasa de *R. glutinis*, se lavó tres veces con agua destilada para eliminar las sales del medio. En un cristalizador se colocaron 2 g de biomasa húmeda y se adicióno hexano/isopropanol (3:2 v/v). La mezcla se mantuvo en baño de hielo con la finalidad de evitar el sobrecalentamiento y, posteriormente se expuso al equipo ultrasónico (Baoshishan). Las condiciones de operación fueron 25 kHz y 650 W, con una potencia de 100% y 20 min de trabajo continuo, con intervalos de descanso. Se utilizó una sonda estándar de 8 mm (FS-650N) con la mezcla de hexano-isopropanol-lípidos, posteriormente se homogeneizo en vortex por 15 min y se centrifugó a 3500 rpm por 10 min, transfiriendo la fase acuosa a un tubo de ensaye. Se realizó un segundo lavado de la biomasa, agregando 10 mL de hexano y agitación mediante vortex por 5 minutos. La biomasa se desechó y el solvente se colocó en un tubo de ensayo que contenía la mezcla de solventes del lavado anterior. La muestra se llevó a evaporación a 60 °C hasta peso constante, de acuerdo a método modificado de Panjanathan et al. (2022), Singh et al. (2022) & Viñarta et al. (2022).

Diseño experimental. En la evaluación, se empleó el programa estadístico Minitab, aplicando un diseño de experimentos factorial completo general con tres replicas para cada experimento. Se evaluó potencia (25, 50, 75 y 100 %) y tiempo (10, 20, 30 y 40 min) aplicados en *R. glutinis*. Los

detalles del diseño de experimentos y variables de respuesta, extracción de lípidos, rendimiento y productividad se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores y niveles del diseño experimental factorial 3x2 para la evaluación de la relación C/N y métodos de extracción para *R. glutinis*.

Factores	Niveles	Variables de respuesta
Potencia (%)	25, 50, 75, 100 %	Lípidos, %
Tiempo (min)	10, 20, 30, 40 min	Producción, gL ⁻¹

3. Resultados y Discusión

Evaluación de la potencia y tiempo en la extracción de lípidos (%). Los resultados obtenidos de los tratamientos se analizaron con el programa estadístico Minitab, con la finalidad de determinar el efecto de cada uno de los factores y establecer las mejores condiciones de extracción de lípidos (%), producción (gL⁻¹) de la levadura *R. glutinis*. Los factores evaluados, potencia, tiempo y su interacción afectan significativamente (valores de *p*-value de 0.00021, 0.00001 y 0.00058 respectivamente), considerando *p*<0.05; así también, se obtuvo un coeficiente de correlación de 98.9%. El mayor rendimiento de extracción de lípidos se logra aplicando la potencia de 100%, por otro lado, al aplicar el tiempo de 10 min se obtiene un rendimiento bajo en comparación con el tiempo de 40 min de acuerdo con el gráfico de efectos principales (Figura 1A). Asimismo, en la gráfica de interacción (Figura 1B), se demuestra que al aplicar la potencia de 25 % y 10 min de sonicado se obtuvo el menor rendimiento de extracción de lípidos. En comparación con la potencia de 100% y tiempo de 40 min, siendo el tratamiento que mayor rendimiento de lípidos extrae. De acuerdo con Khot et al. (2020) quienes afirman que el fenómeno de cavitación del método ultrasónico permite que las microburbujas generen presión sobre la membrana y la pared celular provocando lisis celular en las levaduras, logrando la constante liberación de lípidos a medida que aumenta el tiempo de sonicado.

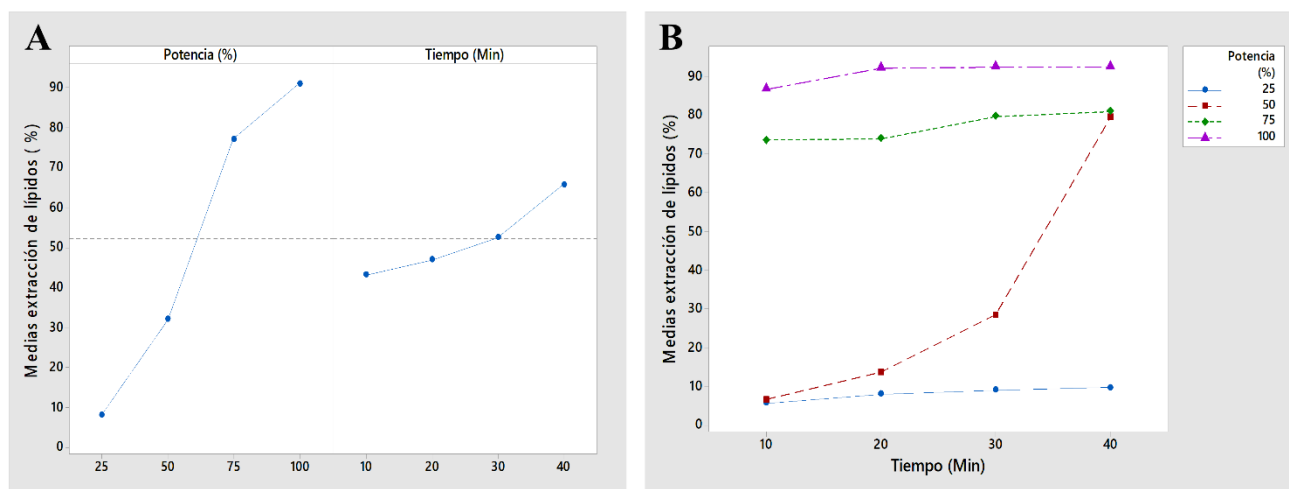


Figura 1. A) Efectos principales de la potencia y tiempo, aplicados en la extracción de lípidos, B) Interacción de la potencia y tiempo, aplicados en la extracción de lípidos.

En la grafica de superficie de respuesta (Figura 3), el mayor rendimiento de extracción de biolípidos se obtuvo al aplicar la potencia de 100% y el tiempo de 40 min de operación, con un rendimiento de 92.66 ± 0.0107 %. Por otro lado, el menor rendimiento de extracción fue de 5.72 ± 0.0067 %, obtenido al aplicar las condiciones de 25 % de potencia y 10 min de operación del ultrasonido. Quiroz & Freddy (2020) mencionan que la potencia ultrasónica genera cambios físico-químicos en las levaduras, provocando el adelgazamiento de la pared celular y la ruptura, aumentando el rendimiento de extracción de lípidos, debido a que los solventes tienen mayor interacción con los cuerpos lípidos.

En el trabajo de Meullemiestre et al. (2017) aplicaron potencia de 25 % y tiempo de 10min y obtuvieron un rendimiento de extracción de 11.66% en *R. glutinis* CECT 1137, este resultado es mayor en comparación con este estudio, sin embargo, los autores mencionan que la levadura fue modificada genéticamente para producir mayor cantidad de lípidos. Por otro lado, en el estudio de Planonth & Chantarasiri (2022) aplicaron una potencia de 100 % y tiempo de 40 min en IFM 53331 y obtuvieron un rendimiento de extracción del 31.5%, aplicando el solvente isopropanol, este resultado fue bajo en comparación con este estudio, lo cual, pudo deberse a que los autores solo emplearon como solvente isopropanol, extrayendo solo lípidos polares (fosfolípidos y glucolípidos), y no una mezcla de solventes como en este trabajo.

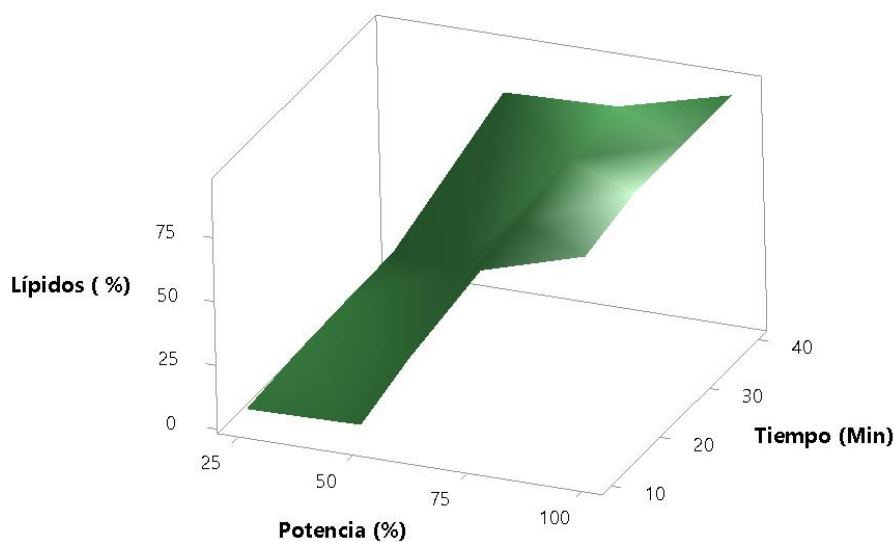


Figura 3. Superficie de respuesta de potencia y tiempo, aplicados en la extracción de lípidos.

Evaluación de la potencia y tiempo en la producción de lípidos (gL^{-1}). La menor producción se obtuvo al aplicar la potencia de 25% y tiempo de 10 min con 0.38 ± 0.0004 gL^{-1} . En el trabajo de Selvakumar et al. (2020) aplicaron las mismas condiciones y obtuvieron rendimiento de 0.067 gL^{-1} de lípidos, este rendimiento es bajo en comparación con el de este estudio, sin embargo, cabe mencionar que emplearon un ultrasonido de baja intensidad durante su estudio.

Por otro lado, el mayor rendimiento de lípidos se obtiene al aplicar la potencia de 100% y los tiempos de 20, 30 y 40 min con rendimientos de 6.15 ± 0.0058 , 6.17 ± 0.0058 y 6.18 ± 0.0018 gL^{-1} de lípidos respectivamente de acuerdo con la gráfica de de superficie de respuesta (Figura 4). Cabe hacer

mención que la pared celular de las levaduras está compuesta principalmente de glucano y manano, lo que favorece su endurecimiento y baja permeabilidad, lo que dificulta la extracción de lípidos debido a la poca interacción de los solventes con los cuerpos lipídicos.

En el trabajo de Planonth et al. (2022) aplicaron las condiciones de potencia de 100 % y tiempo de 60 min de operación y obtuvieron rendimiento de 1.737 gL⁻¹ de lípidos, este rendimiento fue bajo en comparación con este estudio, cabe resaltar que los autores emplearon tiempos de extracción largos lo que pudo haber conllevado a la emulsificación de los lípidos debido a que emplearon biomasa húmeda de *Rhodotorula glutinis*.

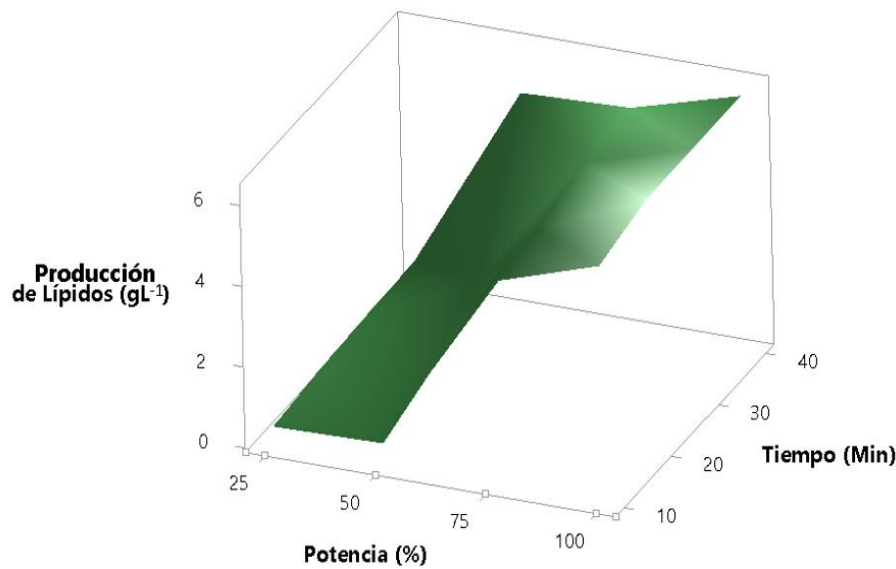


Figura 4. Superficie de respuesta de potencia y tiempo, aplicados en la extracción de lípidos.

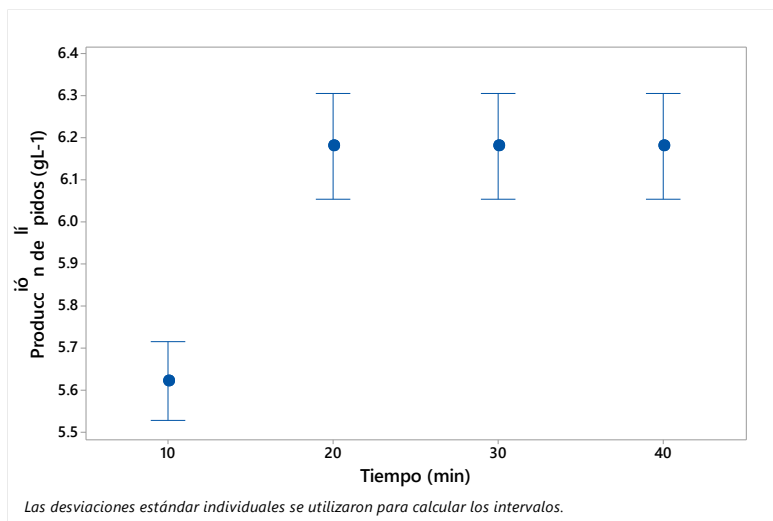


Figura 5. Intervalo de potencia y tiempo, aplicados en la extracción de lípidos.

En la gráfica de intervalos (Figura 5), muestra que al aplicar el 100% de potencia, y los tiempos de 20, 30 y 40 min de sonicado, el rendimiento de extracción de lípidos no muestra una diferencia significativa, de esta forma las mejores condiciones de operación son la aplicación de la potencia de 100% y el tiempo de 20 min de sonicado. Pandey et al. (2020) & Patel & Matsakas (2019) mencionan que es de suma importancia la búsqueda de equilibrio entre el tiempo de sonicado y la potencia aplicada, con la finalidad de evitar la emulsificación entre los lípidos y los solventes, evitando la pérdida de los biolípidos garantizando un procesamiento de extracción eficaz.

4. Conclusiones

Al incrementar la potencia ultrasónica el rendimiento de lípidos aumenta. Sin embargo, en los lapsos de operación de 20, 30 y 40 min, no existe una diferencia significativa aplicando una potencia del 100%. Por lo que las condiciones seleccionadas para obtener el mayor contenido de lípidos fueron una potencia de 100% y 20 min, con un rendimiento de extracción $92.32 \pm 0.0092\%$, producción de $6.15 \pm 0.0058 \text{ gL}^{-1}$ de lípidos. Cabe mencionar que el método de ultrasonido no requiere de un proceso previo de secado de biomasa, disminuyendo costos durante el proceso; así como un menor volumen de solventes en comparación con las técnicas de extracción Soxhlet, Foch y Bligh-Dyer, que además emplean tiempos de extracción largos, por lo que el método de ultrasonido presenta menor impacto negativo con el medio ambiente.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por la beca (1102626) otorgada a la estudiante I.M.V., así como al Laboratorio de Biotecnología de Microalgas del TecNM/Instituto Tecnológico de Boca del Río y Laboratorio de Microbiología del TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

Referencias Citadas

- Brar, K. K., Kaur, G., Magdouli, S., Brar, S. K., & Soccol, C. R. (2022). Lipids production using agricultural residues. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, 219–244.
- Chattopadhyay, A., Mitra, M., & Maiti, M. K. (2021). Recent advances in lipid metabolic engineering of oleaginous yeasts. *Biotechnology Advances*, 53.
- Chmielarz, M., Blomqvist, J., Sampels, S., Sandgren, M., & Passoth, V. (2021). Microbial lipid production from crude glycerol and hemicellulosic hydrolysate with oleaginous yeasts. *Biotechnology for Biofuels*, 14: 1–11.
- Khot, M., Raut, G., Ghosh, D., Alarcón-Vivero, M., Contreras, D., & Ravikumar, A. (2020). Lipid recovery from oleaginous yeasts: Perspectives and challenges for industrial applications. *Fuel*, 259, 116292.
- Kumar, S. P. J., Garlapati, V. K., Gujjala, L. K. S., & Banerjee, R. (2021). Technologies for oil extraction from oilseeds and oleaginous microbes. *Three Phase Partitioning: Applications in Separation and Purification of Biological Molecules and Natural Products*, 243–266.
- Liu, Z., Feist, A. M., Dragone, G., & Mussatto, S. I. (2020). Lipid and carotenoid production from wheat straw hydrolysates by different oleaginous yeasts. *Journal of Cleaner Production*, 249.
- Longati, A. A., Furlan, F. F., de Campos Giordano, R., & Miranda, E. A. (2022). Techno-economic-environmental analysis of a microbial oil production integrated into a bioethanol sugarcane biorefinery. 307-312.

- Meullemiestre, A., Breil, C., Abert-Vian, M., & Chemat, F. (2017). Manothermosonication as a useful tool for lipid extraction from oleaginous microorganisms. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37: 216–221.
- Ngamsirisomsakul, M., Reungsang, A., & Kongkeittajorn, M. B. (2021). Assessing oleaginous yeasts for their potentials on microbial lipid production from sugarcane bagasse and the effects of physical changes on lipid production. *Bioresource Technology Reports*, 14.
- Osorio-Gonzalez, C. S., Saini, R., Hegde, K., Brar, S. K., Soccol, C. R., & Avalos-Ramirez, A. (2022). Biofuels from microbial lipids. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, 289-308.
- Pandey, A., Srivastava, S., Sawarkar, A. N., & Kumar, S. (2020). Ultrasound-intensified biodiesel production from algal biomass: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(2).
- Panjanathan, R., Narayanan, S., Chaudhuri, A., Anjum, S., & Kandasamy, R. (2022). Fostering single cell oil synthesis by de novo and ex novo pathway in oleaginous microorganisms for biodiesel production. *Biofuels and Bioenergy*, 479–504.
- Patel, A., & Matsakas, L. (2019). A comparative study on de novo and ex novo lipid fermentation by oleaginous yeast using glucose and sonicated waste cooking oil. *Ultrasonics Sonochemistry*, 52: 364–374.
- Planonth, S., & Chantarasiri, A. (2022). The oleaginous yeast *Pichia manshurica* isolated from Lansium domesticum fruit in Thailand and its fatty acid composition of single cell oil. Undefined.
- Quiroz, R., & Freddy, J. (2020). Estudio comparativo de la cinética de crecimiento de tres cepas de *Rhodotorula* en medios Carbono/Nitrógeno 2:1 y 100:1. *Facultad de ciencias agropecuarias*, 1–44.
- Rajak, R. C., Rajlakshmi, Saravanabhupathy, S., & Banerjee, R. (2022a). Microbial lipids production by oleaginous yeasts. *Biomass, Biofuels, Biochemicals*, 161–189.
- Singh, H. M., Gorla, K., Raina, S., Azam, R., Kothari, R., Arora, N. K., & Tyagi, V. V. (2022). Biodiesel from oleaginous fungi, bacteria, and yeast produced using waste substrates. *Waste and Biodiesel*, 73–91.

Chinchas patas de hoja (*Leptoglossus lineosus*) y sus daños a *Hylocereus*

Jose Enrique Nicio-Ventura^{1,*}, Yolanda Donají Ortíz-Hernandez¹, Teodulfo Aquino-Bolaños¹

Resumen. *Hylocereus* es un recurso vegetal originario del continente americano, sus frutos son aprovechados en industrias como la farmacéutica y cosmética, en países asiáticos el cultivo de esta planta es altamente tecnificado. En México, es escasa la investigación en el tema de plagas que causan daños a la formación de flores y frutos de la pitahaya. El objetivo de este trabajo fue identificar a nivel especie a las chinchas patonas o patas de hoja y describir los daños que esta causa, para ello se colectaron especímenes en etapas inmaduras e imagos. Se utilizaron claves taxonómicas especializadas de Brailovsky, mediante características morfológicas se identificó a *Leptoglossus lineosus* (Hemiptera: Coreidae) causando daños en brotes jóvenes, tallos, botones florales y flores, en los que se observaron manchas de aspecto estrellado alrededor de los puntos de succión que dieron origen a la muerte o pudrición de las partes afectadas.

Palabras clave: Cactaceae, Cactus Trepador, Cactus Epífita, Daños por Insectos, Plagas.

Abstract. *Hylocereus* is a resource native to the American continent, its fruits are used in industries such as pharmaceuticals and cosmetics, in Asian countries the cultivation of this plant is highly technical. In Mexico, there is little research on the subject of pests that cause damage to the formation of flowers and fruits of pitahaya. The objective of this work was to identify leaf-footed bugs at the species level and describe the damage that this causes, for which specimens were collected in immature and imago stages. Brailovsky's specialized taxonomic keys were used, through morphological characteristics *Leptoglossus lineosus* (Hemiptera: Coreidae) was identified causing damage to young shoots, stems, flower buds and flowers, in which star-shaped spots were observed around the suction points that gave rise to the death or rotting of the affected parts.

Keywords: Cactaceae, Climbing Cactus, Epiphytic Cactus, Insect Damage, Pests.

1. Introducción

Hylocereus es un grupo de cactáceas conocidas como “pitahaya” o “dragon fruit”; originario del continente americano (Ortiz-Hernández & Carrillo-Salazar, 2012), fue introducida al continente asiático en el siglo XIX, donde actualmente se obtienen rendimientos de 40 t ha⁻¹. En México la pitahaya se conservó principalmente en huertos familiares y en plantaciones intercaladas con tutores vivos, los cultivos comerciales de pitahaya se encuentran principalmente en los estados de Quintana Roo, Yucatán y Puebla (SIAP, 2019).

En la última década ha aumentado el interés por su cultivo debido a su rusticidad, resistencia a condiciones abióticas y nivel de tecnificación de las plantaciones. Por otro lado, las plagas de acuerdo con Carrillo et al., (2021) pueden causar un 80% de pérdidas en la producción u ocasionar la muerte

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: jniciov2106@alumno.ipn.mx

total de la planta. Por lo que es necesario prever tal barrera para establecer a la pitahaya como un monocultivo.

Las chinches patonas o patas de hoja (Hemiptera: Coreidae: *Leptoglossus*), son insectos que ocasionan daños directos e indirectos en sorgo (Prom & Perumal, 2008), al mismo tiempo a estas chinches se les ha relacionado con el transporte de hongos fitopatógenos y la caída de frutos de naranja en Nicaragua (Rodríguez et al., 2006). El potencial como plaga de *Leptoglossus* sobre pitahaya ha sido mencionado por Carrillo et al. (2021) y Montesinos et al. (2015) quienes la describen como una plaga ocasional; por lo tanto, aún no se han descrito en México los daños que este hemíptero puede causar específicamente en la pitahaya; mientras que, en Brasil *Leptoglossus* sp. causa desordenes fisiológicos, nutricionales y disminuye la calidad del fruto (Lone et al., 2020), además la relacionan con pudriciones y marchitez de órganos vegetativos y reproductivos de la pitahaya (Cruz & Martins, 2022).

2. Materiales y Métodos

Colecta e identificación de chinches. La colecta de especímenes fue realizada en plantas de pitahaya en producción, durante los años 2020 y 2021. La identificación de imagos a nivel de orden y familia taxonómica se realizó con claves de Triplehorn et al. (2005) y para determinar el género y epíteto específico se utilizaron las claves especializadas de Brailovsky (2014) y se comparó con la descripción de Stål (1870).

Observación de plantas con presencia de *Leptoglossus lineosus*. En plantas de pitahaya, la observación de daños se hizo en brotes, tallos jóvenes, maduros, botones florales y flores, en los que se prestó atención a la aparición de puntos de succión, manchas, necrosis y pudriciones.

3. Resultados y Discusión

La colecta e identificación chinches patonas dio como resultado la obtención de especímenes en diferentes estadios de *Leptoglossus lineosus* (Hemiptera: Coreidae) que morfológicamente coincidieron con la descripción de la especie de Stål (1870).

La observación de *Hylocereus* spp. infestadas con *L. lineosus* resultó reafirmar su potencial como plaga como lo indican Carrillo et al. (2021). Los daños se observaron tanto en partes vegetativas como reproductivas. Los daños por la succión de savia se presentaron principalmente en brotes jóvenes (Fig. 1A) y de mediana edad. En cada punto de succión se genera una mancha de aspecto estrellado, posteriormente y de acuerdo con el nivel y tiempo de infestación estas manchas se pueden unir, causando en amarillamiento de la parte afectada, seguido de una necrosis o una pudrición blanda a lo largo del cladodio conforme *L. lineosus* cambia de lugar de alimentación esto último coincide con la asociación de fitopatógenos reportada por Cruz & Martins (2022) y Prom & Perumal (2008).

En tallos maduros, los puntos de succión se encuentran rodeados por una mancha de aspecto estrellado de color amarilla, en infestaciones altas, el tallo se torna a un color blanco amarillento donde se puede presentar la necrosis del área afectada o la aparición de pudrición blanda.

Leptoglossus lineosus también se alimenta de botones y flores de la pitahaya (Fig. 1C), los daños ocasionados en estos órganos son similares a los ocasionados por otra especie reportados por Lone et al. (2020). los botones menores a 5 centímetros son los más susceptibles a esta plaga, ya que solo un individuo puede causar la muerte del botón floral. Las brácteas del botón afectado presentan manchas estrelladas, amarillentas, éstas pueden aparecer incluso en brácteas interiores justo debajo del

mismo punto, por lo que se puede deducir que el estilete del insecto puede atravesar más de una bractea a la vez. Después de las manchas amarillas, los márgenes de las brácteas se oscurecen. El botón floral detiene su crecimiento y su abscisión puede ocurrir a los 8 días después de ser infestado.



Figura 1. Efectos de *Leptoglossus lineosus*. A) Brotes vegetativos de *Hylocereus* spp. afectados. B) Hembra y macho copulando. C) Botón floral afectado antes de la apertura floral. D) Filocladodio afectado por estados inmaduros del insecto.

4. Conclusiones

Leptoglossus lineosus es capaz de provocar la aparición de manchas de color amarillo sobre estructuras vegetativas y reproductivas. La presencia de *L. lineosus* podría estar relacionada con la abscisión de los botones florales y con el transporte de fitopatógenos por la aparición de síntomas como pudriciones; por lo tanto, se podría reforzar la hipótesis de que este insecto constituye una plaga potencial para *Hylocereus*, por ello sería importante continuar con la investigación de *L. lineosus* en la pitahaya.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo a través del proyecto SIP 20220404 y al programa BEIFI; así como, al CONAHCYT por la beca proporcionada al primer autor para sus estudios de Maestría en Ciencias.

Referencias Citadas

- Brailovsky, H. (2014). Illustrated key for identification of the species included in the genus *Leptoglossus* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae: Coreinae: Anisoscelini), and descriptions of five new species and new synonyms. *Zootaxa*, 3794: 143–178.
- Carrillo, D., Duncan, R., & Peña, J. E. (2021). Pitaya (Dragon Fruit) (*Hylocereus undatus*) Pests and Beneficial Insects. *Edis*, 1: 13-20.
- Cruz, M. C. M., & Martins, R. S. (2022). Pitaia no Brasil, nova opção de cultivo.
- Lone, A. B., Beltrame, A. B., da Silva, D. A., Guimaraes, G. G. F., de Haro, M. M., & Martins, R. S. (2020). Cultivo de Pitaia Boletim técnico (196th ed.). Epagri.
- Montesinos, J., Rodríguez, L., Ortiz, R., Fonseca, M. D. L. Á., Ruíz, G., & Guevara, F. (2015). Revisión bibliográfica pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36: 67–76.
- Ortiz-Hernández, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A short review. *Comunicata Scientiae*, 3: 220–237.
- Prom, L. K., & Perumal, R. (2008). Leaf-footed bug, *Leptoglossus phyllopus* (Hemiptera: Coreidae), as a potential vector of sorghum fungal pathogens. *Southwestern Entomologist*, 33(2): 161-164.
- Rodríguez, P. A., Rodríguez, E. J., Romero, B., & Collantes, R. D. (2006). Relación de la caída de naranjas (*Citrus sinensis* (L.)) con dos especies de *Leptoglossus* Guerin-Meneville (Hemiptera: Coreidae) en la region de Azuero, Panama. *Scientia*, 21: 77–87.
- SIAP. (2019). Cierre Agrícola 2019. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Stål, C. (1870). Enumeratio hemipterorum: bidrag till en förteckning öfver alla hittills kända hemiptera, jemte systematiska meddelanden / af C. Stål. In *Enumeratio hemipterorum: bidrag till en förteckning öfver alla hittills kända hemiptera, jemte systematiska meddelanden / af C. Stål*.
- Triplehorn, C. A., Johnson, N. F., & Borror, D. J. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects (Issue QL463 B69 2005).

Rendimiento de grano y sus componentes de maíces nativos del estado de Campeche, Mexico

Mónica Beatriz López-Hernández^{1,*}, Antonio Villalobos-González², Noel Antonio González-Valdivia¹, Enrique Arcocha-Gómez¹

Resumen. El estudio de cultivares nativos procedentes de la Península de Yucatán es fundamental para el desarrollo de información, que coadyuve y facilite con alternativas para el manejo adecuado y sustentable, y conservación de la biodiversidad de las semillas nativas de la península de Yucatán. El presente estudio tuvo como objetivo la evaluación de accesiones nativas de maíz en el rendimiento de grano y sus componentes en condiciones de temporal en el estado de Campeche, México. El registro de datos campo se realizaron en la localidad de Pocyaxum, Municipio de Campeche, Camp. Se estudiaron diez accesiones de maíz nativo reconocidas en la Península de Yucatán con el nombre de Clavo Chiapaneco, Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Mejeén Naál (rojo fuerte), Mejeén Naál (rojo claro) Rosa San Juan, Cháck-Chóp, San Pableño, Ejú-Criollo Morado y una variedad (Chichen Itza) y un híbrido (Zarco 7573). Se encontró que existe variabilidad entre las accesiones nativas para las características agronómicas, rendimiento y sus componentes. Las accesiones nativas fueron más tardías que los materiales mejorados. La variedad Chichén Itzá sobresalió en rendimiento y sus componentes. La accesión Clavo Chiapaneco presento mayor inestabilidad en la asincronía de la floración y menor rendimiento de grano. Las accesiones nativas mostraron mayor rendimiento que el híbrido Zarco 7573.

Palabras clave: Maíz Nativo, Variabilidad Genética, Rendimiento, Componentes.

Abstract. The study of native cultivars from the Yucatan Peninsula is essential for developing information that helps and facilitates proper and sustainable management, as well as the conservation of biodiversity related to native seeds. The objective of this study was to evaluate native maize accessions for grain yield and its components under rainfed conditions in the state of Campeche, Mexico. Field data recording took place in the town of Pocyaxum, Municipality of Campeche, Camp. Ten native maize accessions, namely Clavo Chiapaneco, Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Mejeén Naál (strong red), Mejeén Naál (light red), Rosa San Juan, Cháck-Chóp, San Pablano, Ejú-Criollo Morado, as well as a variety (Chichen Itza) and a hybrid (Zarco 7573), were studied. The study revealed variability among native accessions in terms of agronomic characteristics, yield, and its components. The native accessions matured later than the improved materials. The Chichén Itzá variety exhibited superior yield and its components, while the Clavo Chiapaneco accession displayed greater instability in flowering asynchrony and lower grain yield. The native accessions demonstrated higher yields compared to the hybrid Zarco 7573.

Keywords: Native Maize, Genetic Variability, Yield, Components.

¹Departamento de Ingenierías; Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México.

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

*Autor para la correspondencia: monica.lh@china.tecnm.mx

1. Introducción

La planta de maíz (*Zea mays* L.) y el producto derivado de él, como el grano, lo posicionan como el principal cereal básico de la alimentación en México, y el de mayor consumo per cápita en el mundo (Rincon, et al., 2010; Ramírez et al., 2017). El maíz es cultivado bajo una gran variedad de ambientes y es el mayor comparado a cualquier otro cultivo. La gran diversidad genética adquirida por este tras miles de años de domesticación, selección y mejoramiento ha permitido su amplia adaptación en diversos tipos de clima y de suelo (Sierra et al., 2016).

En México, la diversidad genética del maíz es abundante debido a sus diversos usos y las características inherentes de los materiales autóctonos, que difieren de las variedades mejoradas. El maíz no solo posee un profundo valor socio-cultural, sino que también constituye el alimento fundamental en nuestro país, consumido tradicionalmente en forma de tortillas. Desde una perspectiva alimentaria, política, económica y social, el maíz representa el cultivo más significativo de México, ocupando una extensión agrícola sembrada de 7.31 millones de hectáreas, principalmente en regiones subhúmedas tropicales, templadas húmedas y subhúmedas. Los maíces autóctonos, además de formar parte del patrimonio biocultural de México, sustentan a miles de familias en áreas rurales, lo que hace que su protección y conservación sean de vital importancia (Massieu & Lechuga, 2002; Mera-Ovando & Mapes-Sánchez, 2009; Fernández-Suárez et al., 2013; SIAP, 2022).

El presente estudio tuvo como objetivo la evaluación de accesiones nativas de maíz en el rendimiento de grano y sus componentes en condiciones de temporal en el estado de Campeche, México.

2. Materiales y Métodos

El levantamiento de información y registro de datos campo del presente estudio se realizaron en terrenos aledaños a la localidad de Pocyaxum, municipio de Campeche, Campeche, con coordenadas en latitud: 19.7333 y longitud: -90.3583, y 30 msnm. La localidad se caracteriza por presentar un clima cálido subhúmedo y una temperatura media de 27°C, aproximadamente con máximas de 29.6 °C y mínimas de 23.2 °C anual. El experimento se desarrolló sobre los suelos rojos-arcillosos-profundos, denominados Luvisoles en la clasificación de la FAO-UNESCO 1970.

El trabajo estuvo constituido por diez accesiones de maíz nativo reconocidas en la península de Yucatán con el nombre de Clavo Chiapaneco, Naál Xóy, Xnúc Naál Blanco, Gallito Amarillo, Mejeén Naál (rojo fuerte), Mejeén Naál (rojo claro) Rosa San Juan, Cháck-Chóp, San Pableño, Ejú-Criollo Morado y una variedad (Chichen Itza) y un híbrido (Zarco 7573). En el Cuadro 1, se describe la procedencia de las accesiones nativas colectadas durante 2017-2018 en la península de Yucatán, México. En el Cuadro 2, se indica que el arreglo de los tratamientos. Cada una de las variables en estudio fue sometida a un análisis en el programa SAS (Statistical Analysis System, para Windows Versión 9.0) (SAS, 2002) en forma individual. Se calculó la diferencia mínima significativa (DMS de Tukey, $p \leq 0,05$) para la comparación de medias.

3. Resultados y Discusión

Número de días a floración masculina y femenina. Se presentaron diferencias ($p \leq 0,05$, $R^2 = 0,69$) para días a floración masculina (FM) y femenina (FF). La FM y FF se presentaron a los 61

y 62 días después de la siembra (dds). La accesión que obtuvo mayor día a FM y FF fue Eju-Criollo Morado con 67 y 68 dds. Mientras que Xnúc Naál Blanco y Naál Xóy presentaron el menor número de días a FM y FF con 57 y 55 días a FM y 57 y 56 a FF (Figura 1).

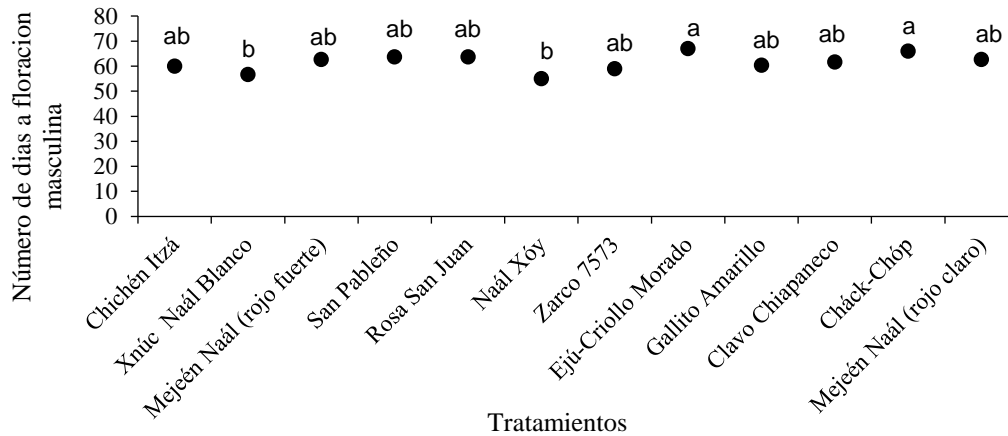


Figura 1. Número de días a floración masculina de accesiones de maíz en P-V 2019 bajo condiciones de temporal en Pocyaxum, Campeche, Camp., México. Valores con la misma letra dentro de la figura son iguales entre sí (Tukey 0.05).

El análisis de comparación de medias para la variable rendimiento de grano mostro diferencias significativas ($p \leq 0.05$, $R^2 = 0.80$) entre los cultivares evaluados (Figura 2). En promedio se presentó un rendimiento de 5570 kg/ha^{-1} entre los materiales. El mejor rendimiento se presentó en la variedad Chichén Itzá con un promedio de 7171 kg/ha^{-1} . Mientras que el material mejorado Zarco 7573 y las accesiones denominadas Mejeén Naál (rojo fuerte) y Clavo Chiapaneco presentaron el menor rendimiento con 4751 , 4740 y 4565 kg/ha^{-1} . La variedad Chichén Itzá superó en un 33.7, 33.9 y 36.3 % en rendimiento al material mejorado Zarco 7573 y las accesiones denominadas Mejeén Naál (rojo fuerte) y Clavo Chiapaneco, y en un 20.4 % al resto de las accesiones valoradas. Estos estudios se asimilan a los resultados obtenidos por Pecina et al. (2011), al observar que poblaciones nativas del estado de Tamaulipas, valoradas en tres ambientes contrastantes en altitud y temperatura mostraron variabilidad para el rendimiento de grano, al originarse un promedio de 3.4 t ha^{-1} entre las poblaciones valoradas.

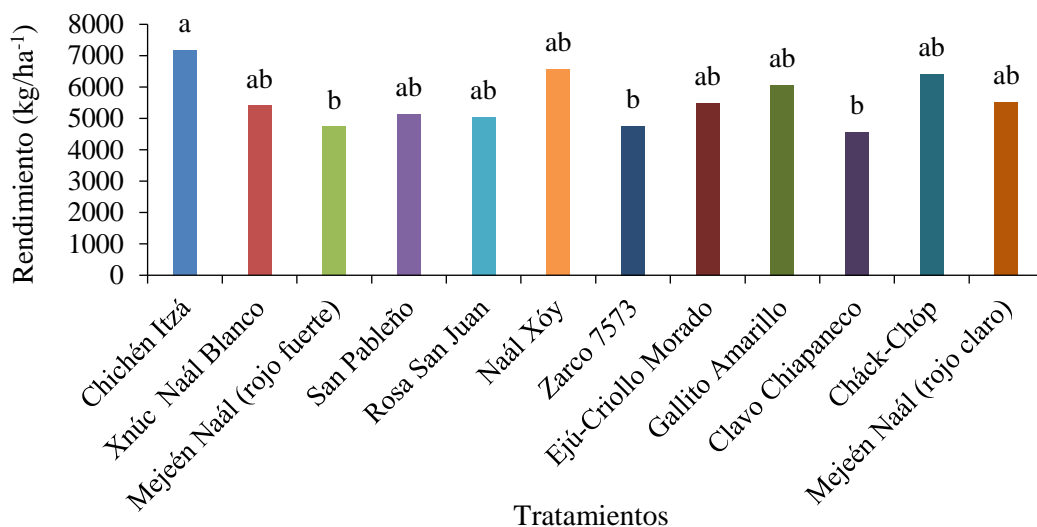


Figura 2. Rendimiento de grano de accesiones de maíz en P-V 2019 bajo condiciones de temporal en Pocyaxum, Campeche, Camp., México. Valores con la misma letra dentro de la figura son iguales entre sí (Tukey 0.05).

4. Conclusiones

Se observó variabilidad entre las accesiones nativas para las características agronómicas, rendimiento y sus componentes. Las accesiones nativas fueron más tardías que los materiales mejorados. La variedad Chichén Itzá sobresalió en rendimiento y sus componentes. La accesión Clavo Chiapaneco presentó mayor inestabilidad en la asincronía de la floración y menor rendimiento de grano. Las accesiones nativas mostraron mayor rendimiento que el híbrido Zarco 7573, pero no sobre la variedad Chichén Itzá.

Referencias Citadas

- Pecina, M. A. J., Mendoza, C. C. M., López, S.J.A., Castillo, G.F., Mendoza, R.M., & Ortiz, C.J. (2011). Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34: 85-92.
- Ramírez, M.A., Volke, H.V.H., & Guevara, R.M.L. (2017). Estimación de rendimiento de variedades nativas de maíz en el estado de Tlaxcala. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 13: 8-14.
- Rincón, S.F., Castillo, G.F., Ruíz, T.N.A., Illescas, P.C.N., Ramón, G.L. (2010). Diversidad de los Maíces Nativos de Coahuila con base en Caracteres de la Mazorca. México. SOMEFI. Chapinco, Méx. 123 p.
- Sierra, M.M.†, Andres, M.P., Palafox, C.A. & Meneses, M.I. (2016). Diversidad genética, clasificación y distribución racial del maíz nativo en el estado de Puebla, México. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 9: 12-20.
- Massieu, T., & Lechuga, M, J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, 17: 281-303.
- Mera-Ovando, L, M. & Mapes-Sánchez C. (2009). El maíz. Aspectos biológicos. In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Kato, T, A., Mapes, C., Mera, L, M., Serratos, J, A., Bye, R, A. (eds).

Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp: 19-32.
Fernández, S. R., Morales, C. L, A. & Gálvez, M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36: 275-283.

Comunidades en la Chinantla Oaxaca conservando bosques y selvas: Impulso de iniciativas locales

Marco Aurelio Acevedo-Ortiz^{1,*}, Gema Lugo-Espinosa¹, Yolanda Donají Ortiz-Hernández¹, Fernando Elí Ortiz-Hernández²

RESUMEN. El presente trabajo de investigación se realizó en la Chinantla, Oaxaca, considerada una fábrica natural de agua constituyendo la tercera selva más grande de México y la mejor conservada, albergando una alta biodiversidad y gran número de comunidades que la protegen de amenazas externas. Sin embargo, el desarrollo impulsado en la región ha trastocado el tejido social, la vida comunitaria y por ende el territorio mismo. El objeto de esta investigación fue documentar el proceso de planeación participativa que llevaron a cabo comunidades en los municipios de Santa María Jacatepec y San José Chiltepec, para la conservación de los recursos naturales y el impulso de acciones que permitan orientar el desarrollo bajo un enfoque local que considere sus necesidades y visión hacia el futuro. Se utilizaron múltiples herramientas participativas para generar información sobre: a) el territorio y manejo de este; y b) desarrollo de capacidades locales; y c) impulso de iniciativas locales que atiendan las necesidades de las comunidades. Los resultados señalan la existencia de problemas inherentes a las comunidades, pero también las acciones que desean emprender, para convertirse en detonadores de cambio e impulsores de su propio desarrollo respetando valores y costumbres, pero sobre todo la naturaleza que los rodea como parte de su identidad

Palabras clave: Conservación Comunitaria, Planeación Participativa, Iniciativas Locales

Abstract. This research was carried out in Chinantla, Oaxaca, which is considered a natural water reservoir and is the third largest and best-preserved rainforest in Mexico, home to a high biodiversity and many communities that protect it from external threats. However, the development promoted in the region has disrupted the social fabric, community life and therefore the territory itself. The purpose of this research was to document the participatory planning process carried out by communities in the municipalities of Santa María Jacatepec and San José Chiltepec, for the conservation of natural resources and the promotion of actions to guide development under a local approach that considers their needs and vision for the future. Multiple participatory tools were used to generate information on a) the territory and its management; b) development of local capacities; and c) promotion of local initiatives that address the needs of the communities. The results indicate the existence of problems inherent to the communities, but also the actions they wish to undertake, to become agents of change and promoters of their own development, respecting values and customs, but above all the nature that surrounds them as part of their identity.

Keywords: Community-based conservation, participatory planning, local initiatives.

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional. ESIME, Ciudad de México, México.

*Autor para la correspondencia: owenk19@gmail.com

1. Introducción

La Chinantla, es una región en Oaxaca, México con una superficie de 282,800 hectáreas (ha) de selva alta perennifolia, 62,000 ha de Bosque Mesófilo de Montaña y 19,800 ha de Bosque de Pino/Encino constituyendo la tercera selva más grande del país (Hernández-Montiel, 2007). En los últimos 50 años ha experimentado cambios significativos en el uso de suelo (Figura 1) debido a las actividades agrícolas y pecuarias extensivas. A su vez, existen esfuerzos significativos para su protección desde el nivel comunitario (González, 2011; Berget et al., 2015; Acevedo-Ortiz et al., 2017), lo que da esperanza y cierto grado de confianza en la sociedad organizada, pero quedan muchos retos que resolver. El objeto de esta investigación fue documentar el proceso de planeación participativa que llevaron a cabo comunidades en los municipios de Santa María Jacatepec y San José Chiltepec, para la conservación de los recursos naturales y el impulso de acciones que permitan orientar el desarrollo bajo un enfoque local que considere sus necesidades y visión hacia el futuro.

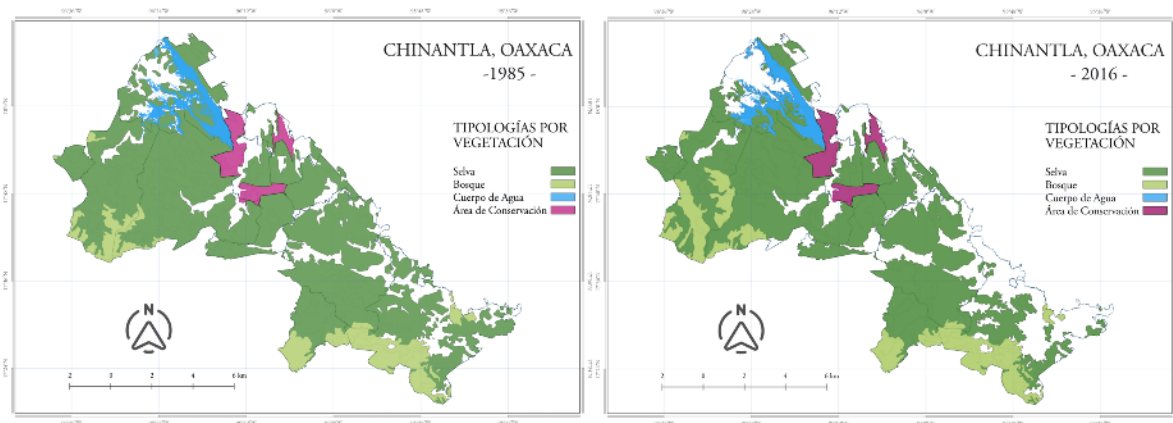


Figura 1. Cambios de uso de suelo 1985-2016 (Acevedo-Ortiz et al., 2021)

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en 4 comunidades de los municipios antes mencionados bajo un proceso sistémico para la documentación de las actividades realizadas y el uso de herramientas participativas (Geilfus, 2005; Lugo-Espinosa et al., 2021) adaptadas al contexto local para medir, informar y analizar información relacionada con el territorio, capacidades locales instaladas y alternativas económicas deseadas (Cuadro 1); así como el estado deseado o ideal para impulsar mejoras a nivel comunitario.

Cuadro 1. Diseño metodológico para obtener información sobre mejoras a implementar en comunidades.

Situación Actual	Herramienta utilizada	Situación Ideal
Manejo del Territorio	Mapeo de actores institucionales y talleres participativos con enfoque de género.	Áreas de conservación sostenibles
Capacidades Locales	Entrevistas a técnicos locales y diagnósticos de capacidades operativas.	Personas capacitadas y equipadas

Situación Actual	Herramienta utilizada	Situación Ideal
Alternativas económicas inexistentes	Análisis de viabilidad de iniciativas a implementar.	Alternativas compatibles con la conservación

3. Resultados y Discusión

Los talleres participativos nos arrojaron información relacionada con el conocimiento del territorio y la necesidad de fortalecer capacidades para aprovechar los recursos naturales de forma sostenible, pero también avanzar en la inclusión de la población sin discriminación (López-Sánchez et al., 2018; Reed, 2008; Slocum et al., 1995) en los proyectos que pudieran ser implementados y que respondieran a las necesidades identificadas (Figura 2).



Figura 1. Talleres participativos para identificación del territorio e identificación de prioridades.

En este sentido, se avanzó en la integración de necesidades para el manejo de los recursos naturales de forma común, bajo el diagnóstico rural participativo (Bautista et al., 2013; Osorio & Contreras, 2009) delineando acciones potenciales a considerar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Acciones identificadas en las comunidades de intervención.

Área de oportunidad	Necesidades de capacitación	Acciones Potencial(es)
Manejo sostenible de bancos de materiales (arena, grava y piedra)	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración y gestión de proyectos. • Permisos y concesiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de cooperativa para venta de materiales.
Ecoturismo y agroturismo	<ul style="list-style-type: none"> • Observación y monitoreo de aves. • Senderos interpretativos. • Guía de turistas. • Sistemas agroforestales 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de brigadas para monitoreo y observación de aves. • Comités comunitarios de ecoturismo.

Área de oportunidad	Necesidades de capacitación	Acciones Potencial(es)
Aprovechamiento de madera sin valor forestal	<ul style="list-style-type: none"> Transformación y agregación de cadenas de valor. Uso de herramientas y maquinaria 	<ul style="list-style-type: none"> Industrialización de maderas sin valor forestal.

Las acciones potenciales identificadas durante los talleres participativos, entrevistas y diagnósticos locales fueron validados al final del proceso (Figura 3) y presentados como resultados de la investigación con los representantes ejidales y en algunos casos ante asamblea comunitaria.



Figura 3. Proceso de validación de resultados obtenidos en la investigación.

La información permitió a las comunidades tomar decisiones (Perz et al., 2021) para avanzar en el impulso de las iniciativas identificadas y marcar un plan a seguir con los diferentes actores institucionales para atender en el corto, mediano y largo plazo sus necesidades con una estrategia clara y mediante acuerdos establecidos.

4. Conclusiones

La conservación de los bosques y selvas implica un reto cuando los seres humanos habitan en el territorio y dependen de los recursos naturales que en éstos hay para sobrevivir. Sin embargo, las comunidades indígenas en la Chinantla, Oaxaca, son un claro ejemplo de perseverancia, pero también de un desgaste que de no ser atendido puede terminar por sucumbir al avance de las políticas de desarrollo implementadas de forma vertical de arriba hacia abajo.

La integración de políticas públicas y de desarrollo que considere de forma integral la visión de las comunidades y sus necesidades es limitada. En gran medida es necesario un involucramiento de los interesados (las comunidades) para que sean incluidos. Los esfuerzos comunitarios orientados a generar este tipo de cambio deben ser documentados y difundidos para demostrar que es posible orientar el desarrollo siempre que se de voz e información a las comunidades para ser partícipes de su propio bienestar.

Finalmente, las comunidades involucradas en la investigación se mantienen vinculadas con las organizaciones de la sociedad civil que apoyaron la realización de esta investigación y han iniciado procesos de acompañamiento para la implementación del: a) Fortalecimiento de los planes de manejo de las áreas de conservación; b) Capacitación y equipamiento a las comunidades para ser operadores de sus iniciativas; y c) Impulso de proyectos de huertos familiares para atender la soberanía alimentaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto al Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca, CONAHCYT, EcoLogic Development Fund (EDF) y Fondo Ambiental Regional de la Chinantla, Oaxaca A. C., por el valioso apoyo para la realización de esta investigación.

Referencias Citadas

- Acevedo-Ortiz, M. A., Lugo-Espinosa, G., & Ortiz-Hernández, Y. D. (2021). Percepciones comunitarias sobre mecanismos de conservación de recursos naturales bajo un enfoque paisajístico en tres ejidos de la Chinantla, Oaxaca. In S. E. Martínez-Pellegrini, J. F. Sarmiento-Franco, & M. C. Valles-Aragón (Eds.), *Aproximaciones teórico-metodológicas para el análisis territorial y el desarrollo regional sostenible*. (Vol. 1). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. <http://ru.iiec.unam.mx/5453/>
- Acevedo-Ortiz, M. A., Ortiz-Hernández, Y. D., Pérez-Pacheco, R., & Lugo-Espinosa, G. (2017). El comité comunitario en el manejo de recursos hidrológicos en San José Chiltepec, Oaxaca, México. *Idesia*, 35(4):79–85.
- Bautista, G. S., Pedro, C. E. S., & Álvarez, G. O. (2013). Participación y acción comunitaria en el manejo de Recursos Naturales de uso común en la Mixteca Oaxaqueña. *Ra Ximhai*, 9(2), 89–98.
- Berget, C., Duran, E., & Bray, D. B. (2015). Participatory Restoration of Degraded Agricultural Areas Invaded by Bracken Fern (*Pteridium aquilinum*) and Conservation in the Chinantla Region, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology*, 43(4):547–558.
- Geilfus, Frans. (2005). 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. IICA. 100p.
- González, O. M. (2011). Análisis de las instituciones de gobernanza multi-escala para la acción colectiva de conservación de la biodiversidad en La Chinantla, Oaxaca, México.
- Hernández-Montiel, J. L. (2007). La Chinantla, fuente de agua, fuente de vida. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2007/08/27/eco-b.html>
- López-Sánchez, M. P., Alberich, T., Aviñó, D., Francés García, F., Ruiz-Azarola, A., & Villasante, T. (2018). Herramientas y métodos participativos para la acción comunitaria. Informe SESPAS 2018. *Gaceta Sanitaria*, 32: 32–40.
- Lugo-Espinosa, G., Acevedo-Ortiz, M. A., & Ortiz-Hernández, F. E. (2021). Análisis del turismo en Huayapam, desde la perspectiva de género y en el contexto de pandemia. In R. E. Rózga-Luter, S. E. Serrano-Oswald, & V. E. Mota-Flores (Eds.), *Innovación, turismo y perspectiva de género en el desarrollo regional*.: Vol. V. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Osorio, M. L. R., & Contreras, A. H. (2009). El diagnóstico rural participativo y el manejo de los recursos naturales Problemas del diagnóstico rural. *Estudios Agrarios*, 15: 109–136.
- Perz, S. G., Arteaga, M., Baudoin Farah, A., Brown, I. F., Mendoza, E. R. H., de Paula, Y. A. P., Perales Yabar, L. M., Pimentel, A. D. S., Ribeiro, S. C., Rioja-Ballivián, G., Peña, M. C. R., Sanjinez L., L. C., &

- Selaya G., N. G. (2021). Participatory Action Research for Conservation and Development: Experiences from the Amazon. *Sustainability*, 14: 233.
- Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141: 2417–2431.
- Slocum, R., Wichart, L., Rocheleau, D. E., & Thomas-Slayter, B. P. (1995). Power, process and participation: tools for change. XVII. 251 pp.

Influencia de un consorcio micorrízico y fertilización orgánica en el crecimiento de *Scaevola plumieri* (L.) Vahl, nativa de duna costera

Rodrigo Borges-Escalante¹, Silvia Karina Mena-Suarez¹, Juan Carlos Camacho Chab², Katia I. Cob-Rivera¹, Gustavo Enrique Mendoza-Arroyo^{1,*}

Resumen. La vegetación de dunas costeras enfrenta riesgos y amenazas frente al cambio climático y las especies invasoras. En este trabajo se estudió el crecimiento de *Scaevola plumieri* una especie nativa de la duna costera para ello se establecieron dos tratamientos (fertilización orgánica y fertilización química) e inoculamos las semillas con un consorcio de micorrizas. Cada quince días medimos la longitud del tallo, número de hojas y al final del experimento medimos la biomasa de hojas, tallo y raíces. Encontramos valores superiores en la longitud del tallo a partir de los 45 días de crecimiento y diferencias en cuanto a número de hojas entre tratamiento a lo largo de la duración del experimento. La biomasa (peso seco) fue superior en el tratamiento orgánico. Se sugiere integrar el uso de biofertilizantes y bioestimulantes en los programas de restauración ecológica.

Palabras clave: Biofertilizantes, Biomasa, Restauración.

Abstract. The coastal dune vegetation faces risks and threats from climate change and invasive species. In this study, we examined the growth of *Scaevola plumieri*, a native species of the coastal dune. Two treatments were established: organic fertilization and chemical fertilization. Additionally, the seeds were inoculated with a mycorrhizal consortium. Every fifteen days, we measured the stem length and number of leaves. At the end of the experiment, we measured the biomass of leaves, stem, and roots. We observed higher values in stem length after 45 days of growth and noticed differences in the number of leaves between treatments throughout the duration of the experiment. Furthermore, the biomass (dry weight) was greater in the organic treatment. It is suggested to incorporate the use of biofertilizers and biostimulants into ecological restoration programs.

Keywords: biofertilizers, biomass, restoration.

1. Introducción

La vegetación de duna costera está presente en 81% del litoral de playa de la península, excepto en las superficies ocupadas por manglar y sistemas lagunares, así como por asentamientos urbanos (Flores & Espejel, 1994). Este tipo de ecosistemas tienen una gran importancia ecológica, proveyendo de servicios ecosistémicos como espacios de anidación de tortugas marinas y hábitat para aves costeras, pero también brindan servicios culturales por su peculiar paisaje como son la recreación y turismo, aunque este último ocasionado la pérdida de este ecosistema debido a la acelerada urbanización (Guadarrama & Ramos-Zapata, 2020), las zonas costeras incluyen ecosistemas que han estado sujetos a fuertes presiones, como la deforestación y el cambio de uso de suelo para desarrollos turísticos, la incidencia de especies invasoras y la contaminación (Martínez et al., 2004; Parra-Tabla et al., 2018),

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México.

²Centro de Investigación en Microbiología Ambiental y Biotecnología (CIMAB), UACAM, Campeche, México.

*Autor para la correspondencia: gustavo.ma@china.tecnm.mx

siendo considerados de los ecosistemas terrestres más vulnerables debido al cambio climático (Martínez et al., 2004).

Las dunas costeras funcionan como una barrera que ayuda a evitar la erosión eólica, a retener la arena y amortiguar tormentas tropicales y huracanes, después de un evento de esta magnitud las dunas se recuperan poco tiempo después ya que son un sistema dinámico, y la arena removida puede ser reemplazada por los procesos eólicos o por corrientes marinas (Noguera-Savelli, 2022). También es importante mencionar que las alteraciones humanas o meteorológicas, no solo se afectan a la vegetación sino también provoca consecuencias negativas en la cantidad de propágulos infectivos de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), reduciendo las posibilidades de colonización de micorrizas por tanto el establecimiento y supervivencia de algunas especies vegetales esto es importante debido que la asociación de los HMA con las raíces de las plantas, mejoran las relaciones nutricionales e hídricas de las especies que se hospedan en esos ecosistemas, a nivel de la rizósfera, aumentan la incorporación de partículas de suelo ayudando a estabilizar el sustrato, punto muy importante en dunas costeras ya que si se logra una exitosa colonización esto ayudaría a modificar el curso sucesional (Guadarrama-Chávez et al., 2022).

Por lo anterior, el objeto es evaluar la respuesta del crecimiento de *Scaevola plumieri* (Goodeniaceae), inoculadas con un consorcio de micorrizas en condiciones de vivero tipo forestal y aplicar tratamiento de fertilización orgánica (humus de lombriz) y químico (multinutriente NPK).

2. Materiales y Métodos

Especie de estudio. *Scaevola plumieri* (L.) Vahl (Figura 1). Arbusto de 30-200 cm de altura; tallo extendido, muy ramificado bajo la arena formando colonias, verdoso o amarillento, con numerosas cicatrices foliares, sin espinas. Hojas alternas, dispuestas en espiral alrededor del tallo, mayormente agrupadas cerca del ápice, ascendentes, obovadas a ampliamente espatuladas, de 2-8 cm de largo, (3-4) 2-7 cm de ancho, carnosas, glabras, el margen entero, el ápice redondeado, la base estrecha, el pecíolo alado, de 5-15 mm de largo, 2-3 mm de ancho. Inflorescencias en cimas cortas, con brácteas involucrales; flores 3 por inflorescencia; cáliz corto, lobado, ampliamente redondeado; corola blanca, lanosa al interior, el exterior pubescente, el interior viloso, abierto lateralmente desde su base, los lóbulos 5, blanquecinos, lineares a lanceolados, subagudos. Fruto una drupa, morado oscuro a negra, jugosa, ampliamente ovada o globosa, de 1.0-1.5 cm de largo, 1-1.5 cm de ancho, carnosa; semilla solitaria, lisa, de 6-10 mm de largo, 4-10 mm de ancho, cubierta por una testa gruesa, crestada. Altitud: 0-1 msnm. Tipo de vegetación: Dunas costeras y matorral de dunas costeras. Floración: enero-noviembre. Fructificación: mayo-noviembre (Gutierrez-Baez, 2013).

Colecta de frutos/semillas. Colectamos 1.5 kilogramos de frutos en el tramo Champotón-Ciudad del Carmen de la carretera federal 180.

Escarificación. No empleamos escarificación química y/o mecánica, en su lugar se dejó continuar el proceso de maduración de los frutos hasta que la pulpa fermentó, posteriormente se retiró la pulpa y se limpiaron las semillas con agua y dejaron secar a la sombra.

Inoculación con consorcio de micorrizas. El inoculante que empleamos fue Fosfonat *biofertilizante endomicorriza* de la marca comercial Bactiva con registro RSCO-029/III/01 250 g No Lote F03106-005. Se disolvió 50 g de Fosfonat en 10 L de agua, una vez disuelto el inoculante se sumergieron las semillas por 1 hora antes de la siembra según recomendación del fabricante.

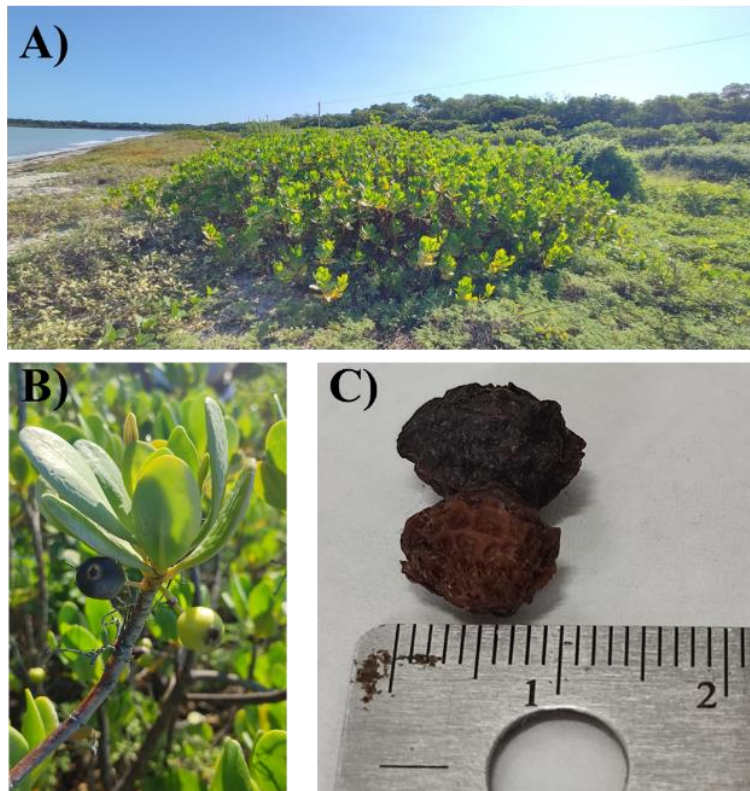


Figura. 1. A) *Scaevola plumieri* (L.) Vahl. B) Rama con frutos en maduración y hojas. C) semilla (Foto: Giovanna Aké Valencia y Rodrigo Borges Escalante).

Condiciones experimentales. El experimento se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Chiná; en un vivero tipo forestal de 6.3 m de largo x 4.20 m de ancho y 3 metros de altura con sistema de riego por microaspersión. Empleamos un sustrato homogenizado a base de Peatmoss y Agrolita (50:50) y establecimos dos tratamientos de fertilización: 1) Orgánico (humus de lombiz) y 2) Químico: multinutriente NPK (17:17:17) los cuales se incorporaron directamente al sustrato. La siembra se realizó en germinadores forestales de plástico tipo banca, cada germinador con capacidad de 98 unidades tubulares de 120 ml. Pevio a la siembra se lavaron y desinfectaron los tubetes con hipoclorito de sodio y para evitar contaminar las semillas se usaron guantes de látex. El riego se aplico a cada tratamiento en periodos de 90 minutos en horarios vespertinos a partir de las 16:30 horas, cada tercer día desde el momento de la siembra.

Variabes de estudio y análisis de datos. Se registraron las medidas correspondientes de longitud del total del tallo, número de hojas y grosor del tallo con apoyo de vernier digital (precisión 0.2 mm) y una regla WeTest (precisión 0.1 mm). Para la determinación de biomasa se obtuvo el peso fresco por separado del conjunto de hojas, tallo y raíz de cada planta, para la cual empleamos una balanza digital marca AEAdam modelo HCB602H (max 600g x 0.01g). Posteriormente, las partes de las plantas se secaron en una estufa de convección de la marca WISCONSIN MEMMERT modelo ULE 600 serie D06062 a una temperatura de 60 °C durante 72 horas posteriormente se volvieron pesar

por planta el conjunto de hojas, tallo y raíz con apoyo de un capacillo de papel y una pinza que permitan facilitar el procedimiento. Los resultados fueron analizados empleando la prueba de Mann-Whitney con un nivel de significancia del 0.05, con el programa Past versión 4.09 (Hammer et al., 2001).

3. Resultados y Discusión

Se sembraron un total de 784 semillas de *S. plumieri* distribuidas en 8 charolas de 98 tubetes de 120 ml cada uno, la germinación inicio 14 días después de la siembra (26 Julio 2022). Se realizaron 5 mediciones en intervalos de 15 días durante un periodo de 60 días posteriores a la germinación. Encontramos un incremento gradual en la longitud del tallo y superior en el tratamiento orgánico, en 60 días de duración del experimento casi se duplicó la longitud del tallo (Cuadro 1) en dicho tratamiento; encontramos diferencias en la longitud del tallo a los 30 días de crecimiento de la planta (Mann-Whitney $U=113$, $p=0.01$), 45 días (Mann-Whitney $U=73$, $p=0.0006$) y 60 días (Mann-Whitney $U=76$, $p=0.0008$).

Cuadro 1. Longitud de tallos de *Scaevola plumieri*.

Tratamiento	Fecha de medición				
	21 - Sep	5 Oct	20 Oct	3 Nov	18 Nov
Orgánico	7.94 ± 0.65	9.43 ± 0.69	10.57 ± 0.71*	12.59 ± 0.78*	13.31 ± 0.90*
Químico	6.70 ± 0.62	7.63 ± 0.65	7.25 ± 0.96	6.99 ± 1.13	6.88 ± 1.24

(*) Denota diferencias significativas ($p<0.05$).

Al respecto del numero de hojas, encontramos diferencias significativas en todos los conteos realizados, por ejemplo, en la primera medición (Mann-Whitney $U=95$, $p=0.004$) y en la ultima (Mann-Whitney $U=95$, $p=0.004$). *Scaevola plumieri* es una especie de hábitos arbustivos con tallo no lignificados y con tendencia a recurvarse o postrarse, las hojas se concentran en la parte terminal de las ramas de ahí que gradualmente pierda hojas conforme crece.

Cuadro 2. Numero de hojas de *Scaevola plumieri*.

Tratamiento	Fecha de medición				
	21 - Sep	5 Oct	20 Oct	3 Nov	18 Nov
Orgánico	9.80 ± 0.46*	10.1 ± 0.47*	10.3 ± 0.51*	10.0 ± 0.57*	8.00 ± 0.43*
Químico	7.75 ± 0.49	7.85 ± 0.72	6.20 ± 1.00	6.00 ± 1.11	4.90 ± 0.93

(*) Denota diferencias significativas ($p<0.05$).

Las diferencias notorias en términos de biomasa se presentaron en hojas (Figura 2). La especie estudiada, *Scaevola plumieri* se localiza en algunos estados del Pacifico mexicano, Golfo de México y Península de Yucatán (Flores-Guido 1983; Gutiérrez-Báez et al. 2013; Parra-Tabla et al. 2018), la modelación del hábitat potencial señala que es la especie con mayor hábitat dentro de las especies de la duna costera (Ovando-Hidalgo et al., 2020). Hoy día su hábitat esta en riesgo por la presencia cada vez mas creciente de *S. taccada* (Gaertn.) Roxb especie que tiene un comportamiento invasor y en proceso de naturalización teniendo como punto de partida el Caribe mexicano (Castillo-Campos et al., 2021). Por lo que es necesario diseñar estrategia para evitar el desplazamiento de la especie nativa,

quizá la aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes influyan en el crecimiento de la planta y se alcancen las metas en los programas de restaruación ecológica.

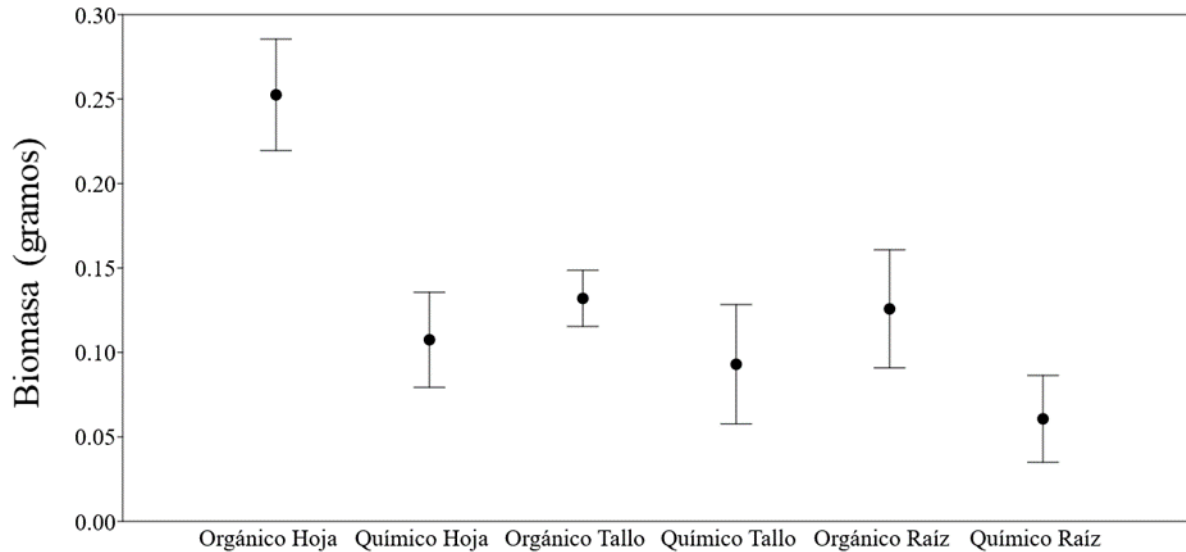


Figura 2. Biomasa (peso seco) presente en hojas, tallo y raíces. (*) Denota diferencias significativas ($p < 0.05$).

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación indican una respuesta favorable de *S. plumieri* en el tratamiento basado en fertilización orgánica; lo cual puede servir de base para el desarrollo e implementación de programas de restauración ecológica empleando biofertilizantes y bioestimulantes durante las etapas de producción de plantas en vivero y en la etapa de siembra en campo con el objeto de favorecer su crecimiento y superviviencia y en ambientes estresantes y en consecuencia contribuir al éxito de las acciones de restauración. Es importante continuar conduciendo investigaciones con otras especies de la duna costera

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Chiná por las facilidades brindadas y el uso de los viveros y laboratorios.

Referencias Citadas

- Castillo-Campos, G., García-Franco, J. G., & Martínez, M. L. (2021). First record of naturalization of *Scaevola taccada* (Gaertn.) Roxb. (Goodeniaceae) in southeastern Mexico. *BioInvasions Records* 10: 425–435.
- Flores-Guido, J. S. (1983). Vegetación Insular de la Península de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 45: 23–38.

- Flores, S., & Espejel, I. (1994). Tipos de vegetación de la Península de Yucatán en J. S. Flores (Eds.), *Etnoflora Yucatánense México: Universidad Autónoma de Yucatán*.
- Gutiérrez-Báez, C., Avendaño-Reyes, S., & Zamora-Crescencio, P. (2013). La familia Goodeniaceae en México. *Foresta Veracruzana*, 15: 1–6.
- Guadarrama, P., & Ramos-Zapata, J. A. (2020). Importancia de las micorrizas como estrategia de restauracion en la duna costera de Yucatán. *Bioagrociencias*, 13: 38-47.
- Guadarrama-Chávez, P., Salinas Peba, L., Ramos Zapata, J. A., Martínez Orea, Y., Núñez Castillo, O., & Castillo Arguero, S. (s.f.). Colonización micorrízico-arbuscular en la vegetacion de duna costera. (CICY, Ed.) Recuperado el 2022.
- Martínez, M. L., Psuty, N. P., & Lubke, R. A. (2004). A perspective on coastal dunes. *Coastal dunes: ecology and conservation. Ecological Studies*, 171: 3–10.
- Noguera-Savelli, E. (2022). Plantas herbáceas de la duna costera en Sabancuy, Campeche, México. Desde el Herbario CICY 14: 57-63.
- Ovando, H. N., Tun, G. J., Mendoza, G. G., & Parra, T. V. (2022). Efecto del cambio climático en la distribución de especies clave en la vegetación de duna costera en la península de Yucatán, México *Revista mexicana de biodiversidad*, 91: e912883.
- Parra, T. V., Albor-Pinto, C., Tun-Garrido, J., Angulo-Pérez, D., Barajas, C., Silveira, R., Ortiz-Díaz, J. J., & Arceo-Gómez, G. (2018). Spatial patterns of species diversity in sand dune plant communities in Yucatan, Mexico: importance of invasive species for species dominance patterns. *Plant Ecology & Diversity*, 11: 157–172.

Caracterización fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de dos pastas comestibles tipo tallarín

Miriam Sánchez-de Dios^{1,*}, Juan Carlos Aguilar-Arpaiz^{1,*}, Gerardo Adrian Méndez-de la Fuente¹, Carolina Vázquez-Hernández¹, José Alfredo Jiménez-Juárez¹, Josafat Alberto Hernández-Becerra¹

Resumen. Los productos agropecuarios en su forma deshidratada se obtienen harinas para luego transformarlo en otros productos, por ejemplo, en pastas tipo tallarín. El objetivo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas de pastas alimenticias a partir de harina de plátano macho (*Musa balbisiana*), plátano banano Enano Gigante (*Musa cavendish*) y chaya (*Cnidocalus aconitifolius*). Se evaluaron dos tratamientos de pastas, una con harina de plátano macho con chaya y la segunda de plátano banano con chaya. Se obtuvo una humedad adecuada para ambas, un 4.0 % de humedad para el tallarín de plátano macho y un 5 % para el tallarín de banano, que se encuentra dentro del parámetro establecido por la NOM-247-SSA1-2008. En los resultados proximales y químicos se encuentran variación en los parámetros, fibra 11.08 % en el plátano banano Enano Gigante y 10.68 % de fibra en el plátano macho estos resultados se encontraron dentro de los parámetros de la NMX-F-023-NORMEX-2002, en cuanto a la determinación de azúcar en la pasta basada en plátano banano Enano Gigante se obtuvo 1.85 % y 2.7 % en plátano macho. Por otra parte, los análisis microbiológicos ambos tallarines cumplen con los valores permitidos por la NOM-247-SSA1-2008.

Palabras clave: *Cnidocalus aconitifolius*, Microbiológico, *Musa balbisiana*, *Musa cavendish*, Reológicos.

Abstract. Dehydrated agricultural products are obtained in the form of flours, which are later transformed into various products, such as noodles or pasta. The objective of this study was to evaluate the physicochemical, microbiological, and rheological properties of pasta made from plantain (*Musa balbisiana*), Giant Dwarf banana (*Musa cavendish*), and chaya (*Cnidocalus aconitifolius*) flours. Two pasta treatments were evaluated: one with plantain flour and chaya, and the second with banana plantain and chaya. Adequate humidity levels were obtained for both types of noodles, with 4.0% humidity for the plantain noodles and 5% for the banana noodles, which fall within the parameters established by NOM-247-SSA1-2008. The proximal and chemical results showed variation in the parameters, with 11.08% fiber content in the Giant Dwarf banana and 10.68% fiber content in the male plantain. These results were found to be within the parameters of the NMX-F-023-NORMEX-2002. Regarding the determination of sugar in the pasta made from Giant Dwarf banana plantain, 1.85% and 2.7% sugar content were obtained in the male plantain, complying with the requirements of the parameter. Furthermore, the microbiological analysis of both types of noodles met the values allowed by NOM-247-SSA1-2008.

Keywords: *Cnidocalus aconitifolius*, Microbiological, *Musa balbisiana*, *Musa Cavendish*, Rheological.

¹Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, Tabasco, México.

*Autor para la correspondencia: juan.aa@regionsierra.tecnm.mx , osid9@hotmail.com

1. Introducción

En México, existen cultivos nativos que son consumidos de forma tradicional, sin que se le aplique alguna tecnología de alimentos como el plátano macho (*Musa balbisiana*), plátano banano Enano Gigante (*Musa cavendish*) y chaya (*Cnidocalus aconitifolius*) que son consumidos fritos, cocidos, machacados (Rekha, 2016).

Según datos de la Infografía Agroalimentaria de Tabasco del 2018 el cultivo de plátano representa 34.6 % del valor de la actividad agrícola del estado, siendo Teapa el principal municipio productor de plátano, con casi 76 % de la producción estatal, seguido por los municipios de Tacotalpa y Cunduacán que representan 6.81 y 6.66 % respectivamente de la producción estatal en el año 2017. En la región sierra de Tabasco, como los plátanos machos, los plátanos bananos enano gigante y la chaya, son alimentos fundamentales para nutrir y minimizar los problemas de la baja malnutrición de las comunidades rurales por el alto contenido de proteínas y fibras (MINAGRI, 2012). También, Escalante et al. (2019) establece que, el plátano es rico en potasio, que ayuda al buen funcionamiento del sistema nervioso y regula la presión arterial.

Una de las opciones de aprovecharlo es con la obtención de harina, jaleas, mermeladas, golosinas, bebidas, vinagre, almidón y derivados a como comenta Flores et al. (2004). En igual forma, Pacheco et al. (2007) escribió que las harinas de plátano están elaboradas a base de la pulpa comestible del plátano verde o inmaduro, que han sufrido una deshidratación, sin que este método afecte a sus componentes. Como se ha afirmado Hernández (2006) explicó que cada 20 gramos de harina de plátano verde contienen importantes cantidades de energía, fibra, magnesio, potasio, hierro, calcio y proteínas, que, en conjunto con otras vitaminas, se traducen en beneficios para la pérdida de peso y el control de la diabetes.

De acuerdo con la necesidad de darle un valor agregado a los productos que se tienen en las comunidades y que venden en locales de los mercados de la región sierra de Tabasco, como es plátano macho (*M. balbisiana*), plátano banano Enano Gigante (*M. cavendish*) y la chaya (*C. aconitifolius*) se busca elaborar alimentos funcionales con las harinas y la caracterización fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de dos pastas comestibles tipo tallarín así aprovecharlo en la comercialización por los productores locales.

2. Materiales y Métodos

Metodología para preparación de pastas. En la Figura 1 se muestra las etapas del proceso de la elaboración de la pasta tipo tallarín, en el diagrama de proceso.

La elaboración de la pasta tiene cuatro etapas principales, como se observa en la Figura 1. La primera etapa, pasa al proceso de premezclado de los ingredientes (CMC, harina de plátano macho o harina de banano y la harina de chaya) el cual debe ser homogéneo en un tiempo de 4 minutos, para que se incorporen cada uno de ellos. Se procederá para el mezclado de los polvos con agua. Esto permite que la mezcla represente las mismas propiedades en toda la pasta y a la vez realiza una mejora en la calidad final del producto.

La segunda etapa principal. Para el amasado durante un tiempo de 10 minutos, se absorbe el 90 % del agua, produciendo un esponjamiento de la masa y transformación en una masa homogénea y firme. El desarrollo de la masa es seguido por el registro de la fuerza ejercida sobre la mezcla durante el proceso de mezclado. El incremento inicial de la medición puede ser asociado a las evoluciones

sucesivas del sistema (la mezcla de harina y el agua, la hidratación de las partículas, la formación de interacciones entre los constituyentes de la harina y el incremento de la cohesión de las partículas) esto da lugar a la obtención de la masa.

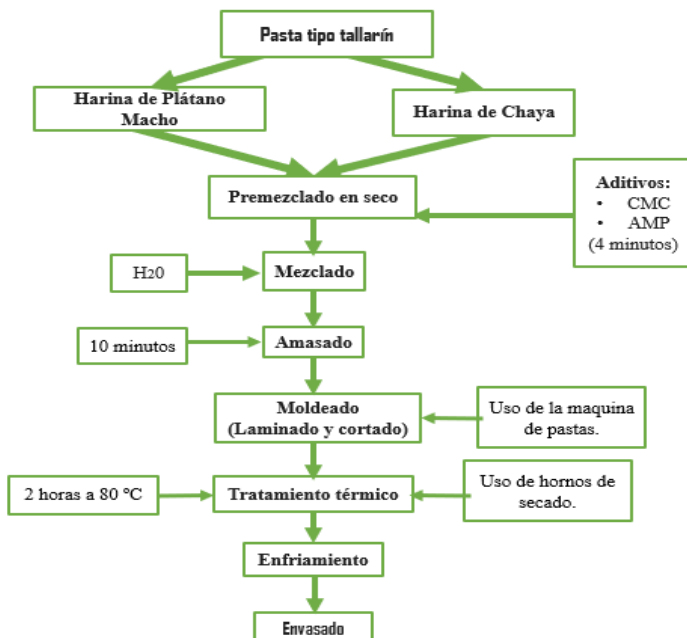


Figura. 1. Proceso tecnológico de obtención pasta tipo tallarín.

Es durante esta etapa que se obtiene un valor máximo en la medición que corresponde al desarrollo “máximo” de la masa (Requena, 2013). La capacidad de absorción de agua (la cual se reporta en g de agua /100 g de harina) se define como la cantidad de agua necesaria para conseguir un valor máximo de la medición para obtener las mejores propiedades reológicas (Escalante et al., 2019).

En el moldeado de la pasta comprende el laminado y cortado, en forma de tallarín, esta es la tercera etapa, de suma importancia ya que nos permite darle la forma que se requiere para su presentación al consumidor propiedades reológicas de la masa. Laminado permite producir una estructura uniforme, la masa se lamina haciendo pasar la bola entre dos rodillos lisos que, girando en sentido opuesto, aplastan la masa en forma de lámina. La pieza de los rodillos tiene 3 niveles de abertura que deben abrirse o cerrarse, dependiendo del tamaño o volumen de la pieza. Moldeado consiste en cortar las láminas en fragmentos de 30 cm y se procede a pasar cada uno por rodillos acanalados (o moldes) para la formación del espagueti u otro tipo de pasta según el molde que se utilice (Britannica, 2022).

La cuarta etapa principal de la elaboración de la pasta sigue con el tratamiento térmico, el cual comprende el secado, el tiempo de permanencia dentro del horno, requiere tener en cuenta las variables de temperatura y humedad (temperatura de 80 °C durante 2 horas y humedad en un rango de 3 a 6 %), el propósito del secado es producir una pasta fuerte y estable. El calor del secado ayuda a crear una red permanente de proteína alrededor de los gránulos.

Esto previene que los gránulos de almidón se liberen durante el secado. Una vez alcanzado las variables antes descritas se procede al siguiente paso que comprende el enfriamiento (temperatura 32 °C y humedad de 12.5 %) de la pasta. El producto final permanece en enfriamiento para posteriormente ser envasado en 100 gramos, en bolsas de papel kraft biodegradables.

Diseño experimental. Para la realización del proyecto se realizó un diseño experimental completamente aleatorio, donde se realizaron dos tipos de mezclas como se muestra en el Cuadro 1, para comparar y evaluar el impacto que tiene cada una de las pastas. En cuanto a la calidad de sus propiedades fisicoquímicas. La técnica de muestro fue aleatorio simple, que pertenece a un muestro probabilístico, en la cual, cada elemento de la población de estudio y a cada posible muestra de un tamaño determinado, se eligen individual y directamente por medio de un proceso aleatorio, teniendo la misma probabilidad de ser seleccionada. Utilizando 20 kilogramos como tamaño de muestra del plátano banano Enano Gigante y plátano macho. Evaluación del efecto antifúngico in vitro de las nanopartículas.

Cuadro 1. Formulación de polvo para preparar pasta tipo tallarín.

Ingredientes	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)
Harina de plátano macho	82.65	0.00
Harina de banano	0.00	82.65
Harina de chaya	8.27	8.27
Carboximetil celulosa	1.65	1.65
Almidón	7.43	7.43
Total	100	100

3. Resultados y Discusión

Análisis fisicoquímicos. En el Cuadro 2, se observan los resultados de los parámetros L, a y b para poder analizar los tratamientos de tallarines que se midieron con el equipo colorímetro Minolta CHROMA METER CR-210; empleando una base blanca ($L=92.23$, $a=-0.8$ y $b=0.55$) como fondo, estos parámetros fueron empleados para obtener los resultados de diferencia de color (ΔE), índice de amarillez (IY) e índice de blancura (IB), dichos parámetros fueron empleados para los dos tipos de tratamientos de tallarines a los cuales se les realizaron análisis por triplicado.

Cuadro 2. Resultados de parámetros L, a y b.

Tratamientos	L	A	B
TPM1	58.39 ^b	0.52 ^a	18.5 ^a
TPM2	59.41 ^a	0.4 ^b	18.5 ^a
TPM3	59.06 ^a	0.35 ^c	18.31 ^a
TPB1	54.24	2.34	15.01
TPB2	54.60	2.18	15.14
TPB3	54.42	2.26	14.93

Medida con la misma letra en la misma columna, no tienen diferencias significativas (Duncan, $p=0.005$), TPM = Tallarín de plátano macho, TPB = Tallarín de plátano banano Enano Gigante.

En el Cuadro 3, se observa el contenido de humedad en los tallarines de harina de plátano macho y de harina de plátano banano Enano Gigante, diferencia total de color (ΔE), índice de amarillez (IY) e índice de blancura (IB), índice de absorción de agua (I.A.A.) e índice de solubilidad de agua (I.S.A.).

Cuadro 3. Propiedades fisicoquímicas de las pastas de harina de plátano macho.

Tratamiento	Humedad %	ΔE	IY	IB	I.A.A. (g de gel/g de muestra seca)	I.S.A. (% de sólido).
TPM1	4.2503 ^a	38.33 ^b	45.2630 ^b	54.4597 ^b	2.8870 ^a	8.58 ^a
TPM2	3.8980 ^b	37.33 ^a	44.4859 ^a	55.3910 ^a	2.9920 ^a	8.78 ^a
TPM3	4.0741 ^a	37.64 ^a	44.2899 ^a	55.1506 ^a	2.900 ^a	8.47 ^a
TPB1	4.8294 ^c	40.77 ^c	39.5340 ^c	51.7843 ^c	2.8920 ^a	10.23 ^b
TPB2	5.1901 ^c	40.47 ^c	39.6135 ^c	52.0924 ^c	2.7694 ^b	10.51 ^b
TPB3	5.0097 ^c	40.57 ^c	39.1933 ^c	51.9838 ^c	2.7189 ^b	10.30 ^b

Medida con la misma letra en la misma columna, si tienen diferencias significativas (Duncan, $p=0.005$). Humedad=%, I.A.A = Índice de Absorción de Agua (g de gel/g de muestra seca), I.S. A= Índice de Solubilidad de Agua (% de sólidos).

En el Cuadro 3, se presentan los valores de humedad de los dos tratamientos, en lo cual los tratamientos entran en un rango de 3.8 % hasta un 5.1 %, existiendo diferencias, en el caso de los tratamientos TPB sus diferencias son mínimas. Los tratamientos antes mencionados están por debajo del valor máximo de humedad que debe ser de 14 % de humedad según la NMX-023-S-1980 y de 11.31 % a 12.24 % reportado por Hernández (2011). Pacheco-Delahaye & Testa (2005) encontró un contenido de humedad de 4.40 y 4.69 % en sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde y 6.61 % en sopa comercial y de igual manera Cerritos & Villacorta (2017) reportaron en tallarines con harinas de plátano un porcentaje de humedad de 12.55 y para tallarines comerciales se reportó un valor de 10.98 %. En la diferencia total de color (ΔE) de la pasta tallarín de harina de plátano macho y de la pasta tallarín de harina de plátano banano Enano Gigante, existen diferencias entre los tratamientos TPM y los tratamientos TPB, porque los tratamientos si están alejadas al color blanco esto debido al color verde característicos de la harina de chaya, en igual forma los tallarines entran entre la calidad de “normal” según la norma ISO-1264 y en efecto Hernández (2011) caracterización la pasta de plátano macho obteniendo valores menores a 21.47 y 19.52 por lo que se observa una gran diferencia entre los resultados comparados.

Con respecto a índice de amarillez se encontró en el cuadrante 1 de denominado rojo-amarillo para el Sistema Hunter L, a, b. En el índice de blancura existe diferencia significativa entre los tratamientos TPM y TPB, estando los tratamientos lejos al color blanco característicos de tallarines, colocándose en un rango de suficiente según el Cuadro 3.

En el índice de absorción de agua (I.A.A) existen diferencias significativas entre los tratamientos TPM y TPB, ya que se encuentran en valores no muy lejanos entre sí en un rango de 2.7 a 2.9 g de gel/g de muestras seca, en efecto Sánchez (2014) reporto valores de 2.28 y 2.45 g de gel/g de muestras seca para pastas tallarines de plátano y por su parte Godoy et al. (2016) reportó en pastas de plátano macho y guandul un valor de IAA de 3.5, 4.1 y 4.3 g de gel/g de muestras seca.

El índice de solubilidad de agua en los tratamientos de plátano macho no presenta diferencias entre ellos, de la misma forma los tratamientos de plátano banano enano gigante. Pero comparando ambas formulaciones, se observa en los tratamientos TPM1, TPM2, TPM3, indica una cantidad de sólidos mayor a los otros tratamientos TPB1, TPB2, TPB3, por lo tanto, existen diferencias significativas entre las dos formulaciones. Por ende, Ascheri (1998) reportó 7.11 % de sólidos en una mezcla de harinas de arroz y camote, pero para elaboración de espagueti los resultados de ISA para elaborar tallarines presentan valores de 4.60, 6.98, 7.23 y 7.83 % de sólidos (Hernández, 2011), indicando que los tratamientos que se elaboró tienen una mejor degradación de las macromoleculares (proteínas y carbohidratos).

Análisis proximales y químicos. En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los análisis de ambos tratamientos, contenido de ceniza, proteína, fibra dietaría, azúcares y sodio, los cuales fueron analizados por triplicado, para luego comparar resultados con parámetros ya establecidos y rangos de aceptación.

Cuadro 4. Comparación de resultados de análisis proximales.

Tratamiento	Ceniza %	Proteína %	Fibra dietaría %	Grasas %	Azúcares Totales %	Sodio mg/100 g
TPM1	3.3404 ^a	3.3323 ^a	10.7929 ^a	0.5206 ^a	2.4559 ^a	186.7486 ^a
TPM2	3.3320 ^a	3.3467 ^a	10.5741 ^a	0.5421 ^a	2.9545 ^b	184.4534 ^b
TPM3	3.3362 ^a	3.3356 ^a	10.6835 ^a	0.5313 ^a	2.7052 ^c	185.5996 ^c
TPB1	3.6933 ^a	3.7000 ^b	11.0868 ^b	1.3741 ^b	1.7387 ^d	169.4334 ^d
TPB2	3.6690 ^a	3.7560 ^b	11.0846 ^b	1.3119 ^b	1.9631 ^e	167.1359 ^e
TPB3	3.6811 ^a	3.6934 ^b	11.0857 ^b	1.3430 ^b	1.8509 ^d	168.2846 ^f

Medias con la misma letra, en la misma columna, dentro del mismo grupo, no tienen diferencias significativas (Duncan, $p=0.05$).

Ceniza. La determinación de ceniza en el tallarín de plátano macho y tallarín de plátano banano Enano Gigante no son muy distintas, ya que todos los tratamientos se encuentran en un rango mayor de 3 % pero menor que 4 %, teniendo poco porcentaje de materia inorgánica los tallarines. El contenido de ceniza en los tallarines de plátano macho son más altos comparados con los obtenidos por Hernández (2011) que reportó valores inferiores a 2 %. Por otra parte, Flores et al. (2004) reportó para los tallarines comerciales como el valor más alto de 1.2 %.

Proteína. Los valores son semejantes en los dos tipos de pastas con un rango de 3.3 a 3.68 %. En cambio, Sánchez (2014) presentó un porcentaje de proteína de 10.34, un valor alto debido a que en sus formulaciones empleo huevo para un mejorar el valor nutritivo, además Hernández (2011) en tallarines de plátano verde con camote presentó un valor de 7.68 % al emplear también el huevo.

Fibra dietaría. Los valores más altos fueron en los tallarines de plátano banano con 11 %, por otra parte, para los tallarines de plátano macho los valores obtenidos fueron un poco más bajo presentando valores de un 10.5 % hasta un 10.7 %. Sin embargo los análisis realizados en pastas de plátano por Sosa (2011) obtuvieron un valor de 3 %, por lo que las pastas contienen 3 veces más fibra que la pasta analizada por Soto (2014).

Grasas. En concordancia con Hernández (2006) en un rango de 0.5 % como mínimo y 1 % como máximo, en los diferentes tratamientos TPM1 (0.5206 %), TPM2 (0.5421 %) y TPM3 (0.5313

%) se observa que presentan diferencias significativas entre sí y que están dentro de los parámetros. De igual forma los tratamientos TPB1 (1.3741 %), TPB2 (1.3119 %) y TPB3 (1.3430 %) presentaron diferencias significativas en sus repeticiones, pero a diferencias de los otros tratamientos están por encima de del valor que reportó. Así como Flórez et al. (2004) reportó en su investigación en pastas de plátano verde un rango de 0.4 % - 1.3 % estando de igual manera dentro del rango los resultados obtenidos.

Azúcares totales. En los tratamientos TPM se obtuvo un rango de 2.4 % a 2.9 %, y para los tratamientos TPB se presentaron valores de 1.7 a 1.9 %, esto se debe a los azúcares naturales presentes en la materia prima empleada. La OMS publicó un documento con recomendaciones y directrices sobre el consumo de azúcar en adultos y niños, marcando 50-60 g para adultos y 30-35 g para niños, haciendo los cálculos correspondientes al consumir 100 g de alguno de los dos tratamientos se estarán ingiriendo menos de 5 g de azúcares totales ideales para su consumo.

Sodio. La FDA menciona que un alto contenido de sodio en los alimentos está asociado con un mayor riesgo de desarrollar presión sanguínea alta, que es la principal causa de accidentes cerebrovasculares y enfermedad cardiovascular. El análisis de sodio en los tratamientos presenta valores aptos para el consumo humano, para los tratamientos TPM se presentan diferencias ya que los tratamientos están con valores significativamente entre un rango de 184-186 mg /100 g de muestra, al igual los tratamientos TPB existen diferencias notorias entre sus repeticiones dando valores de 167-169 mg/ 100 g de muestra. La norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010 empleada para etiquetada señala que para considerar un producto alto en sodio este deberá de tener más de 350 mg/100 g de muestra, comparando con los valores obtenidos nuestros tratamientos no pasan el valor dado por la norma.

Propiedades reológicas. En el Cuadro 5 se presentan las propiedades reológicas de los tallarines, estableciendo en dicho cuadro las propiedades viscoamilográficas, como son la viscosidad máxima y la viscosidad de retrogradación inicial y final de cada una de los tipos de pastas analizados tanto crudos como cocidos.

Cuadro 5. Propiedades viscoamilográficas del tallarines crudo y cocido.

Tratamientos	Crudo			Cocido		
	Vm (Cp)	Vri (Cp)	Vrf (Cp)	Vm (Cp)	Vri (Cp)	Vrf (Cp)
TPM	9163 ^a	5659 ^a	9548 ^a	9053 ^a	6087 ^a	9370 ^a
TPB	213 ^b	188 ^b	300 ^b	211 ^b	180 ^b	289 ^b

Medias con la misma letra, en la misma columna, dentro del mismo grupo, si tienen diferencias significativas (Duncan, $p=0.05$) Vm = viscosidad máxima, Vri = Viscosidad de retrogradación inicial, Vrf = Viscosidad de retrogradación final, TPM = Tallarín de plátano macho, TPB =Tallarín de plátano banano.

En las propiedades viscoamilográficas de tallarín crudo existieron diferencias significativas en los tratamientos TPM y TPB, en las propiedades de viscosidad máxima (Vm) y viscosidad de retrogradación tanto inicial como final (Vri y Vrf) los valores del tratamiento TPM son los más altos siendo estos 9163 Cp., para Vm., 5659 Cp., para Vri., y 9548 Cp., para Vrf.

Por otro lado, los resultados de los tallarines cocidos sus valores son inferiores comparándolos con los valores de los tallarines crudos, teniendo de igual forma mayor valor el tratamiento TPM.

Como resultado se observa en la figura 2 que los tratamientos TPM presentan un mayor pico de viscosidad, por lo que alcanzan valores de viscosidad máxima superiores a los tratamientos TPB.

En el Cuadro 6, se muestra los valores de tensión para tallarines cocidos de harina de plátano macho con harina de chaya y tallarines cocidos de harina de plátano banano gigante con harina de chaya. Para los tallarines TPM tuvieron valores entre 44 y 48 g habiendo diferencias significativas entre el tratamiento TPM1 y TPM2 comparados con el TPM3 que es de valor más alto.

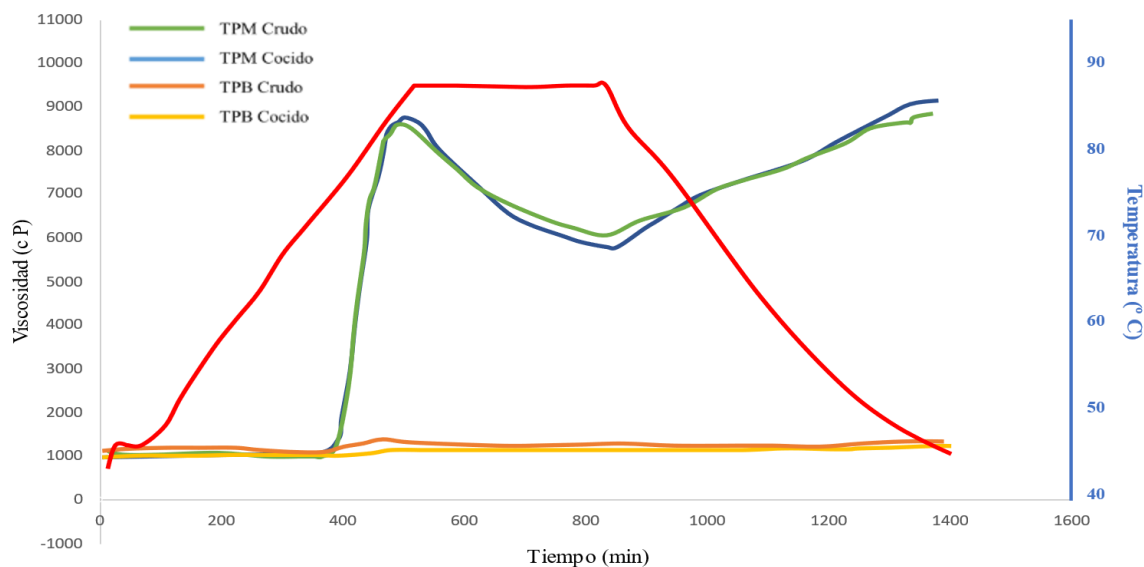


Fig. 2. Viscoamilogramas de tallarín crudo y cocido.

En los tallarines TPB se obtuvieron valores con diferencia entre los tres tratamientos ya que estos presentan unas diferencias notorias. Los parámetros de textura obtenidos relacionan la fuerza necesaria para romper los tallarines, con la fuerza que las manos ejercerían sobre ella para romperla, de tal forma que se busca que una pasta sea lo suficientemente fuerte para resistir, sin daños la persona que lo consume.

Análisis microbiológicos. De acuerdo con las especificaciones sanitarias de la NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

Cuadro 6. Tensión de tallarín de plátano macho y plátano banano Enano Gigante.

Tratamientos	Tensión (g)
TPM1	44.880 ^a
TPM2	44.726 ^a
TPM3	47.412 ^b
TPB1	27.695 ^c

Tratamientos	Tensión (g)
TPB2	24.320 ^d
TPB3	29.536 ^e

Medida con la misma letra en la misma columna, no tienen diferencias significativas (Duncan, $p=0.005$). TPM: Tallarín de Plátano Macho, TPB: Tallarín de Plátano Banano.

En el Cuadro 7 se muestran los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de los dos tratamientos de tallarines y sus resultados de análisis de coliforme, mesófilos y hongos y levaduras, estos representados en unidades formadoras de colonias sobre gramo (UFC/g).

Estos análisis fueron realizados por triplicado y los valores representados son medias de dichos valores.

Cuadro 7. Resultado de análisis microbiológicos en harina de plátano banano.

Tratamientos	Método NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008		
	Hongos y levaduras (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Coliformes (UFC/g)
Valores de referencia	300	50,000	NA
TPM1-1	<30	<40	NA
TPM1-2	<10	<40	NA
TPM1-3	NA	<10	NA
TPB1-1	<10	<30	NA
TPB1-2	<10	<10	NA
TPB3-3	NA	<10	NA

Estos resultados obtenidos indican que el producto cumple con las especificaciones de la NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, ya que tanto mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos y levaduras se encuentran por debajo del límite permisible, por lo que lo hace un producto inocuo y apto para el consumo humano.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación, se observó que los dos tipos de tallarines elaborados y analizados se encontraron dentro de los parámetros establecido por las normas NOM-247-SSA1-2008, la NMX-F-023-NORMEX-2002 y UNE-EN ISO 5492:2010. En el caso diferencia total de color (ΔE), en ambos tratamientos de pastas se aleja del color blanco, pero entra en la calidad de “normal” según la ISO-1264. Los dos tipos de pastas (TPM y TPB) se encontraron en un porcentaje de humedad dentro de los parámetros establecido por la NOM-247-SSA1-2008. En cuanto es al I.A.A. el tratamiento TPM presentó mayores porcentajes de solubilidad (2.9 g de gel/g de muestra seca) y para I.S.A. el tratamiento TPB presentó mayores porcentajes (10 % de sólidos).

Por otra parte, los resultados fisicoquímicos obtenidos de las pastas de plátano (macho con chaya, plátano banano con chaya) todos los parámetros fueron favorables, pero hubo una diferencia en lo que fue el índice de solubilidad de agua, en el cual la pasta TPM se obtuvieron valores entre 8.47 y 8.78 % y la pasta TPB se obtuvo valores entre 10.23 a 10.51 %, lo cual indica que el tratamiento TPB tiene una mejor degradación de las macromoleculares (proteínas y carbohidratos).

Ambas pastas elaboradas, son buenas para el consumo humano ya que cuentan con las características nutritivas ideales para el buen desarrollo del consumidor, cumpliendo la función de alimento funcional, ya que es un alimento que permite mejorar la salud de la población y reduce el riesgo de desarrollar determinadas enfermedades como es la diabetes y celiacas.

Agradecimientos

Se agradece a las instalaciones del laboratorio de la Universidad Tecnológica de Tabasco y al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Querétaro, por la realización de algunos análisis para completar este trabajo de investigación.

Referencias Citadas

- Britannica. (2022). The Editors of Encyclopaedia. "Dutch elm disease". Encyclopedia Britannica, Recuperado de: <https://www.britannica.com/science/Dutch-elm-disease>. Accessed 9 October 2022.
- Cerritos, M. O. E., & Villacorta, C. J. F. (2017). Elaboración de un snack a base de harina de Sorgo (*Sorghum bicolor*) fortificado con chaya (*Cnidocolus aconitifolius chayamansa*) como alternativa nutritiva en la agroindustria de El Salvador. Antiguo Cuscatlán, Salvador.
- CONEVAL. (2018). Muestra en México. Recuperado el 22 de octubre del 2022.
- Escalante, G. V. A., Escobar, R. A., & Gónzales, J. A. (2019). Beneficios de los alimentos funcionales. Recuperado el 18 de octubre del 2022.
- Flores, G. E., García, S. F. J., Flores, H. E., Núñez, S. M. C., González, S. R. A., & Bello, P. L. A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. Nota. Acta Científica Venezolana, 55: 86-90.
- Godoy, B. S. P., Lemos, M. C., López, G. A. Y. (2016). Disponibilidad proteica de una bebida instantánea a partir de harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y guandúl (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 3: 76-82.
- Hernández, G. A. M. (2011). Caracterización de pasta adicionada con harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y camote (*Ipomea batatas*) para la elaboración de tallarín. Tesis profesional. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra, Mexico. 100p.
- Hernández, N. R. (2006). Elaboración de espagueti adicionado con almidón de plátano: caracterización física, química nutricional y de calidad. Tesis de maestría. CEPROBI-IPN, México. 100p.
- Infografía Agroalimentaria de Tabasco (2018). Proveedores para exportación de plátano en Tabasco. Recuperado el 19 de octubre del 2022.
- MINAGRI (2012). Instructivo Técnico sobre el cultivo del plátano. SEDAGRI/AGROINFOR. Ciudad de La Habana. 2012. p.37.
- Pacheco, D. E. & Testa, G. (2005). Nutritional, physical and sensorial evaluation of wheat and green planta in breads. INCI online, 30: 300-304.
- Rekha A. (2016). History, Origin, Domestication, and Evolution. In: Mohandas S., Ravishankar K. (eds) Banana: Genomics and Transgenic Approaches for Genetic Improvement. Springer, Singapore. pp. 3-11.
- Requena, P. J. M. (2013). Harinas y derivados, féculas y almidones. Recuperado el 26 de octubre del 2022.
- Sánchez, C. J. A (2014). Propiedades fisicoquímicas, estructurales y reológicas de cuatro accesiones de camote del estado de Tabasco. Tesis profesional. Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. 100p.

Estudio de la actividad antioxidante de compuestos bioactivos producidos por la microalga *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing 1834 para fines biotecnológicos

Ana Celeste Ordoñez-Torres¹, Juan Enrique Pereañez-Sacariás², Juan Carlos Camacho-Chab^{2*}, Benjamín Otto Ortega-Morales², Manuel Jesús Chan-Bacab².

Resumen. El potencial biotecnológico de las microalgas es relevante por las propiedades de los compuestos orgánicos y metabolitos que producen. Actualmente productos microalgales, tales como péptidos y proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, carotenoides y exopolisacáridos (EPS) se comercializan, incitando la búsqueda de nuevos candidatos de estudio. *Scenedesmus dimorphus*, una microalga con tasa de crecimiento elevada y producción de ácidos grasos, es candidata potencial pero poco estudiada. Dicho lo anterior el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la actividad antioxidante de los carotenoides y EPS de *S. dimorphus*. Se determinó la cinética de crecimiento a través de técnicas de conteo celular y peso seco. Los carotenoides se caracterizaron por medio de Cromatografía Líquida de Alta Resolución y los exopolisacáridos por Carbohidratos totales. La actividad antioxidante se evaluó a través del ensayo de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Los resultados evidenciaron que la cinética de crecimiento para *S. dimorphus* fue de 20 días. El rendimiento máximo de los carotenoides de 16.4 ± 0.1 mg/L fue en la fase exponencial y 3.3 ± 0.6 mg/L de EPS en la fase de decadencia. Se identificaron tres carotenoides: Violaxantina, Luteína y Isómeros (9-Z)-luteína. La evaluación de la actividad antioxidante fue de $29.78 \pm 1.3\%$ a 20 mg/mL y de $12.4 \pm 4.3\%$ a 10 mg/mL, respectivamente.

Palabras clave: *Scenedesmus dimorphus*, Antioxidante, Carotenoides, Exopolisacáridos, Metabolitos.

Abstract. Microalgae possess significant biotechnological potential due to the properties of the organic compounds and metabolites they produce. Currently, commercially available microalgal products include peptides, proteins, polyunsaturated fatty acids, carotenoids, and exopolysaccharides (EPS), which stimulate the search for new candidates for further study. *Scenedesmus dimorphus*, a microalga with a high growth rate and fatty acid production, is a potential yet understudied candidate. Therefore, the present research aimed to determine the antioxidant activity of carotenoids and EPS from *S. dimorphus*. The growth kinetics were determined using cell counting and dry weight techniques. The carotenoids were characterized using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), while the exopolysaccharides were characterized through total carbohydrate analysis. The antioxidant activity was evaluated using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical assay. The results indicated that the growth kinetics of *S. dimorphus* lasted for 20 days. The maximum yield of carotenoids was 16.4 ± 0.1 mg/L during the exponential phase, and the EPS production reached 3.3 ± 0.6 mg/L during the declining phase. Three carotenoids were identified: Violaxanthin, Lutein, and isomers of (9-Z)-lutein. The evaluation of antioxidant activity yielded results of $29.78 \pm 1.3\%$ at 20 mg/mL and $12.4 \pm 4.3\%$ at 10 mg/mL, respectively.

Keywords: *Scenedesmus dimorphus*, Antioxidant, Carotenoids, Exopolysaccharides, Metabolites.

¹Colegio de Nutriólogos San Francisco de Campeche, Campeche, México.

²Centro de Investigación en Microbiología Ambiental y Biotecnología, UACAM, Campeche, México.

*Autor para la correspondencia: juancam@uacam.mx

1. Introducción

En las últimas décadas el interés en por las microalgas ha tomado relevancia mundial, principalmente por su potencial biotecnológico al demostrar la capacidad de sintetizar compuestos orgánicos y metabolitos primarios y secundarios con alto valor comercial. Hoy en día, varios de estos compuestos son comercializados en diversas industrias tales como alimentaria, cosmética y bioenergética (Vigani et al., 2015; Valverde et al., 2016; Brasil et al., 2017; Martínez et al., 2018). Y es que, gracias a que las microalgas presentan una alta productividad aproximada de 10-100 veces mayor que cultivos de plantas terrestres, su medio de cultivo puede ser agua de mar, agua salobre o incluso aguas residuales, pueden utilizar el dióxido de carbono (CO₂) del ambiente como fuente de carbono, y no presentan un tiempo limitado de desarrollo, es decir se pueden cultivar todo el año, las convierte en microorganismos con alto potencial de aprovechamiento (Valverde et al., 2016; Martínez et al., 2018).

Hoy en día los principales metabolitos obtenidos de las microalgas son, por ejemplo, los péptidos los cuales han evidenciado actividad anticancerígenas, antiviral y antioxidante (Udayan et al., 2017), las proteínas las cuales pueden ser utilizadas para la producción de suplementos alimenticios (Nicoletti, 2016), los ácidos grasos poliinsaturados con un alto contenido de omega-3 (Katiyar et al., 2017), los carotenoides como agentes preventivos ante enfermedades como la degeneración de la retina, reguladores del colesterol sanguíneo, prevenir enfermedades crónico degenerativas, fortificar el sistema inmune y proteger a las células contra la oxidación (Safi et al., 2014; D'Alessandro & Antoniosi, 2016), y los exopolisacáridos, los cuales han presentado actividad inmunomoduladoras, anticoagulantes, antivirales, antioxidantes y antitumorales (Xiao & Zheng, 2016; Delattre et al., 2016).

Por lo anterior, las microalgal contemplan candidatos potenciales para aprovechamiento biotecnológico, y es ahí donde género *Scenedesmus* tiene relevancia, puesto que contiene especies de agua dulce que han registrado una alta producción de lípidos y recientemente carotenoides y de exopolisacáridos (Pirastru et al., 2012; Vidyashankar et al., 2015; Xiao & Zheng, 2016; Ishaq et al., 2016). *Scenedesmus dimorphus*, es una microalga verde de agua dulce de la clase Chlorophyceae, conocida por su alta tasa de crecimiento y contenido total de ácidos grasos (Wang et al., 2013), sin embargo, no ha sido estudiada su capacidad de producir metabolitos bioactivos, tales como carotenoides y exopolisacáridos. Es por eso, que el presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar la actividad antioxidante de los carotenoides y exopolisacáridos sintetizados por *Scenedesmus dimorphus* en función de su cinética de crecimiento.

2. Materiales y Métodos

Material biológico. 10 mL de inóculo axénico de la cepa fue transferido a 90 mL de medio BG-11 y pre-cultivada durante 8 días a 25 ± 2 °C con un fotoperiodo de 12/12 hrs (luz/oscuridad) y a una agitación constante de 400 rpm, con una intensidad de luz de $62 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Gan et al., 2016; Leal et al., 2016) medido con un sensor de luz Li-1500 (LI-COR Bioscience). El inóculo se escaló a un volumen final de 1 L, para nuevamente ser cultivado durante 20 días bajo las mismas condiciones previamente descritas.

Determinación de la cinética de crecimiento. Se utilizaron pruebas de conteo por citometría de flujo, conteo celular mediante cámara de Neubauer, densidad celular por espectrofotometría UV-Vis y determinación de peso seco, durante 5 días para realizar la determinación de la fase de desarrollo de la cinética de crecimiento de *S. dimorphus*. Para el conteo de partículas por citometría de flujo

(FlowCam[®]) e empleo un analizador de partículas por imágenes dinámicas FlowCam[®] benchtop VS-4 (Fluid Imaging Technologies, Inc.) para detectar, contar y caracterizar el material particulado menor a 10 micrones. 1 mL de cultivo de *S. dimorphus* fue diluido en agua desionizada a una relación final de 1:10, para posteriormente analizar 150 µL de la muestra en el equipo previamente acondicionado con un objetivo de 20x y un filtro de 5 µm. La lectura se programó por 5 min para obtener las imágenes las cuales posteriormente fueron contabilizadas manualmente. Para el conteo celular por Cámara de Neubauer, dos muestras de 1mL de cultivo fueron diluidas a una relación 1:10. El conteo celular por cámara de Neubauer de 0.1 mm de profundida, se realizó contando todas las células situadas en los cuadrantes externos de la rejilla. La concentración celular se calculó de acuerdo a la fórmula descrita por Arredondo & Voltolina (2007). Para la determinación de la densidad celular por espectrometría UV-Vis, se analizó el crecimiento celular de 1 ml sin diluir de los cultivos de *S. dimorphus* a una densidad óptica de 750 nm, usando un espectrofotómetro UV-Visible (Thermo Scientific) (Arredondo & Voltolina, 2007).

Determinación de peso seco. La determinación del peso seco se realizó cada 5 días. Se analizaron dos muestras de biomasa de los cultivos de *S. dimorphus*, la cual se filtro utilizando papel filtro Whatman del número 5. Posteriormente la biomasa retenida fue secada a una temperatura de 75 ± 5 °C durante 24 hr. Pasado el tiempo las muestras fueron colocadas en un desecador por una 1h, y pesadas hasta obtener peso constante.

Extracción y caracterización de pigmentos carotenoides. Inicialmente mediante la implementación de un sistema de ultrafiltración Äkta[™] Flux, equipado con una columna de 0.45 µm de diámetro, se separó la biomasa del sobrenadante de dos cultivos de 1 L de *S. dimorphus*. La extracción de los carotenoides, contenidos en la biomasa de la microalga, se realizó siguiendo el protocolo descrito por D'Este et al. (2017) con algunas modificaciones. La caracterización se realizó mediante el uso de un equipo de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (CLAR o HPLC), dotado con una columna C-18 de fase reversa, utilizando un sistema de elución, con un flujo de 0.5 mL/min, y con un volumen de inyección de 20 µL. Se analizó como referencia, una solución del suplemento alimenticio con luteína Essential nutrition[®]. La identificación de los pigmentos se realizó con respecto a la referencia analizada y datos bibliográficos.

Extracción y caracterización de los exopolisacáridos (EPS). La extracción de los exopolisacáridos se realizó siguiendo el protocolo descrito por Córdoba-Castro et al. (2012), con algunas modificaciones. El producto resultado de la extracción fue analizado por la técnica colorimétrica descrita por Dubois.

Evaluación de la capacidad antioxidante de carotenoides y exopolisacáridos. La capacidad antioxidante de los carotenoides y los exopolisacáridos se evaluó a través del ensayo del radical libre 2, 2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). La capacidad antioxidante se expresó como el porcentaje de la actividad de captación del radical DPPH (SC%) de la siguiente manera: $SC\% = ([A_{control} - A_{muestra}] / A_{control}) * 100\%$, donde: $A_{control}$: es la absorbancia del control (solución de DPPH sin muestra); $A_{muestra}$: es la absorbancia de la muestra (solución de DPPH con muestra).

3. Resultados y Discusión

Determinación de la cinética de crecimiento. Los resultados evidenciaron que en las técnicas de monitoreo por citometría de flujo y recuento celular la fase de adaptación duró 5 días, la fase

exponencial se registró a los 10 días, y la fase de decadencia finalizó a los 20 días (Figura 1a y 1b). Por su parte la densidad óptica difirió a los 20 días, mostrando un incremento de la densidad celular (Figura 1c).

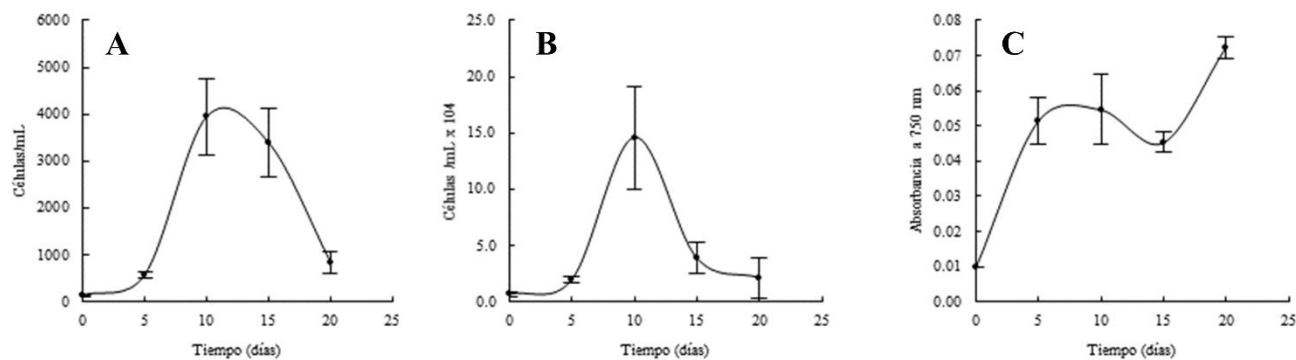


Figura 1. Cinética de crecimiento de *Scenedesmus dimorphus*. A) Por citometría de flujo (FlowCam®), B) por cámara de Neubauer, y C) por espectrometría UV-Vis.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Velichkova et al. (2013), Pérez & Ayala (2017) y Gour et al. (2016) quienes evidenciaron cinéticas de crecimiento con una duración de 20 a 24 días, con fases estacionarias muy cortas y fases exponenciales que varían entre los 10 y 16 días de cultivo. Por otro lado, la mayor producción de biomasa se produjo en el día 20, con un valor registrado de 65.02 ± 0.2 mg/L (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de la biomasa de los cultivos de *Scenedesmus dimorphus*.

Cepa	Tiempo (Días)	Biomasa seca (mg/L)
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	5	12.97 ± 5.35
	10	35.10 ± 0.9
	15	47.21 ± 2.85
	20	65.02 ± 0.2

De acuerdo con Corzo et al. (2019), la biomasa obtenida para el día 5 de 12.97 mg/L es menor a la reportada de 5.7 g/L, donde se utilizó el medio de cultivo Foliagro y sometida a factores de estrés, algo similar a lo reportado por Jiang et al. (2013) con un promedio de 5.17 g/L, utilizando BG-11 modificado y aumentando una concentración de 2% de CO₂. Estos factores de estrés podrían ser los responsables de la producción mayor en rendimiento de la biomasa seca de *S. dimorphus*.

Extracción y caracterización de carotenoides. El mayor rendimiento de carotenoides se detectó a los 10 días de cultivo, con un 16.4 ± 0.1 mg/L, seguido del día 20 con un rendimiento de 13.2 ± 0.9 mg/L (Cuadro 2).

Es importante mencionar, que, a manera de comparación, se pudo observar una primera producción de carotenoides en la fase exponencial, mientras que la segunda producción se presentó en la fase de decadencia (datos contrastados con la cinética de crecimiento por citometría de flujo con

FlowCam[®]). Se obtuvo un rendimiento máximo a los 10 días de cultivo de 16.4 mg/L, superando a lo reportado por Corzo et al. (2019) y Přibyl et al. (2015) para la misma especie de *Scenedesmus*, quienes registraron una producción máxima de 1.2 mg/L y 9 mg/L, respectivamente.

Cuadro 2. Rendimiento de carotenoides obtenidos de los cultivos de *Scenedesmus dimorphus*.

Cepa	Tiempo (Días)	Rendimiento de carotenoides (mg/L)
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	5	3.29 ± 0.8
	10	16.4 ± 0.1
	15	10.15 ± 0.5
	20	13.20 ± 0.9

La cromatografía por HPLC evidenció que los espectros de absorción se presentaron en los tiempos de retención aproximados de 3.7, 4.2, 6.4 y 7.5 minutos (Figura 2), en todos los tiempos de duración del cultivo de *S. dimorphus* (5, 10, 15 y 20 días), y que estas señales fueron características de metabolitos tipo carotenoides.

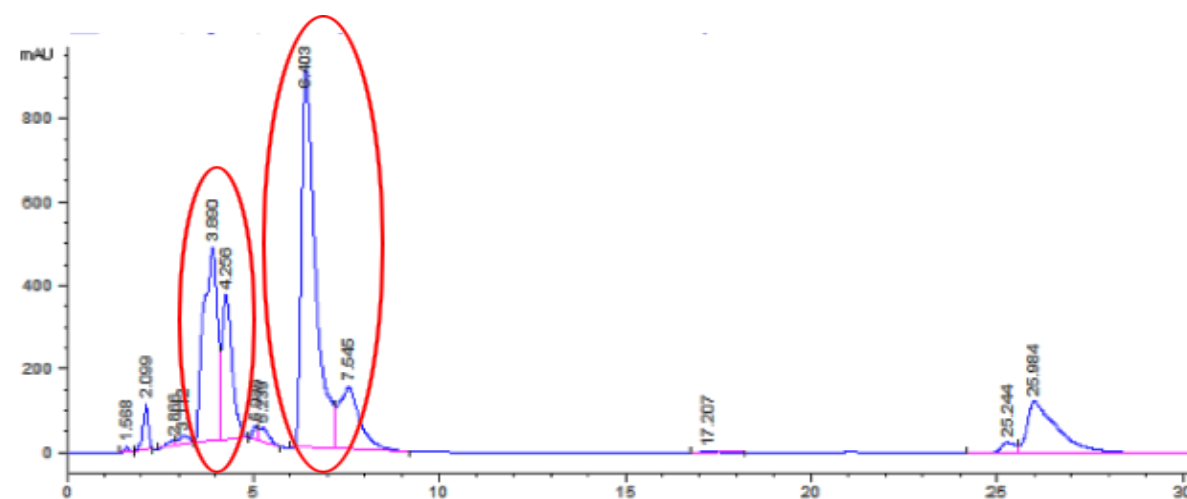


Figura 2. Espectros de absorción detectados en los cromatogramas de los extractos de carotenoides de *S. dimorphus*.

Las longitudes de onda presentes de máxima absorción al ser comparadas con material bibliográfico, concidieron con la identificación para, a) Violaxantina, b) Luteína y su c) Isómero (9-Z-luteína) (Cuadro 3).

Para el género *Scenedesmus* se ha reportado la presencia de carotenoides, tales como luteína, violaxantina, astaxantina, echinona, β -caroneno (Přibyl et al., 2016), mismos que por medio de los análisis cromatográficos en este estudio puede ser atribuida la síntesis para *Scenedesmus dimorphus* violaxantina, luteína y (9-Z)-luteína.

Extracción y caracterización de EPS. Se encontró que el rendimiento de los EPS producidos por *S. dimorphus* a los 10 días fue de 1.85 ± 0.1 mg/mL, presentando su máximo rendimiento a los 20 días con 3.3 ± 0.6 mg/L (Cuadro 4).

Cuadro 3. Carotenoides identificados bibliográficamente mediante la comparación con las longitudes de onda máximas obtenidas por HPLC de *Scenedesmus dimorphus*.

Longitudes de onda de máxima absorción (nm)			Carotenoides	Referencia
416	440	465	Violaxantina	Zeb & Ullah, 2017
415	440	470	Violaxantina	Zeb & Ullah, 2017
422	446	476	Luteína	Suplemento alimenticio
418	440	475	(9-Z)-luteína	Zeb & Ullah, 2017

Cuadro 4. Rendimientos de EPS obtenidos de cultivos de *Scenedesmus dimorphus*.

Cepa	Tiempo (Días)	Rendimiento de EPS (mg/L)
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	5	No determinado
	10	1.85 ± 0.1
	15	2.63 ± 0.3
	20	3.30 ± 0.6

A manera de comparación, se pudo observar la producción de EPS se mantuvo en crecimiento constante del inicio de la fase exponencial hasta la fase de decadencia (datos contrastados con la cinética de crecimiento por citometría de flujo con FlowCam®). Los rendimientos obtenidos en el presente estudio fueron menores a los reportados por Córdoba-Castro et al. (2012), en donde obtuvieron 24.7 mg/L, así como los reportados por Agelaanlincy et al. (2017), con rendimientos de 86 ± 4 mg/L. Cabe mencionar, que estos estudios fueron enfocados para la optimización de los rendimientos para las algas del género *Scenedesmus*, razón por la cual los medios de cultivo fueron modificados con el objetivo de incrementar y obtener el mayor rendimiento posible. La caracterización colorimétrica evidenció que el porcentaje máximo de carbohidratos se produjo a los 20 días de los cultivos (Cuadro 5)

Cuadro 5. Porcentaje de carbohidratos totales de *S. dimorphus*.

Cepa	Tiempo (Días)	Carbohidratos (%)
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	5	No determinado
	10	12.8 ± 0.007
	15	13.1 ± 0.006
	20	20.7 ± 0.04

Evaluación de la actividad antioxidante de carotenoides y EPS. Los carotenoides presentaron el mayor porcentaje de actividad antioxidante a los 15 días de cultivo a una concentración de 10 mg/mL. No obstante, los valores obtenidos evidenciaron una baja actividad antioxidante en comparación con la actividad del ácido ascórbico a 1 mg/mL y luteína a 7 mg/mL (controles positivos). Dado que los a los 15 y 20 días se obtuvieron los mayores rendimientos de los carotenoides, se evaluaron a una concentración de 20 mg/mL, observando un ligero aumento de la actividad antioxidante. En este caso la fracción de los 15 días tuvo el mismo porcentaje de actividad que el estándar de luteína (7 mg/mL) (Cuadro 6)

Cuadro 6. Capacidad antioxidante de los carotenoides.

Muestra	Concentración (mg/mL)	% Actividad antioxidante 60 min
Día 10	10	11.94 ± 3.2
Día 15	10	22.59 ± 3.8
Día 20	10	15.51 ± 0.5
Luteína	7	30.12 ± 1.7
Ácido ascórbico	1	92.35 ± 0.004
Día 15	20	28.78 ± 1.3
Día 20	20	24.01 ± 1.4
Luteína	7	30.12 ± 1.7
Ácido ascórbico	1	92.35 ± 0.004

Finalmente, la actividad antioxidante de los EPS se presentó a los 20 días del cultivo a una concentración de 10 mg/mL. Teniendo en cuenta los porcentajes de carbohidratos del cuadro 5 y comparándolos con la actividad antioxidante, la muestra con la mayor cantidad de carbohidratos presentó también el mayor porcentaje de actividad antioxidante (Cuadro 7).

Cuadro 7. Capacidad antioxidante de los EPS

Muestra	Concentración (mg/mL)	% Actividad antioxidante 60 min
Día 10	10	8.15 ± 0.65
Día 15	10	8.10 ± 0.00
Día 20	10	12.4 ± 4.3
Ácido ascórbico	1	84.05 ± 0.15

Hu et al. (2008) evaluó la capacidad antioxidante de luteína purificada de luteína de la microalga *Dunaliella salina*, a una concentración de 10 mg/mL, obteniendo una actividad antioxidante de 26.23 % superior a la reportada en el presente estudio. No obstante, es conveniente mencionar que la fracción evaluada en nuestro estudio no fue purificada, dado que se detectaron la presencia violaxantina, luteína y (9-Z)-luteína, que pudieron interferir en el resultado final. De la misma manera, la actividad antioxidante de los EPS fue menor a lo reportado por otros trabajos como los de Hussein et al. (2015), Mei-Ling et al. (2015) y Selim et al. (2015).

4. Conclusiones

El presente trabajo de investigación registró la cinética de crecimiento de la especie de microalga *Scenedesmus dimorphus*, la cual no ha sido tan estudiada de manera exhaustiva como potencial candidata para estudios biotecnológicos. Se identificaron de manera bibliográfica los carotenoides presentes en los cultivos de *S. dimorphus*, así como se determinaron las etapas de la cinética en donde se presenta la producción de estos. Se demostró que la mayor producción de EPS está relacionada al tiempo de cultivo de *S. dimorphus*. Aunque la capacidad antioxidante para los carotenoides y los EPS fue menor que lo reportado en la literatura, se puede determinar que otros métodos analíticos, así como la purificación de los extractos puedan generar mejores resultados de actividad antioxidante.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología (CONAHCYT) por el apoyo brindado al proyecto FOMIX-CONAHCYT-Gobierno del estado de Campeche titulado “Fortalecimiento de la Maestría en Biociencias Aplicadas para su Ingreso al PNPC” con clave 286944. A la empresa ASEPRO Ecología por donar la cepa de *Scenedesmus dimorphus* para su estudio.

Referencias Citadas

- Arredondo-Vega, B.O., & Voltolina, D. (2007). Concentración, recuento celular y tasa de crecimiento. Capítulo 2. En: Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal. Arredondo Vega, B.O., Voltolina, D. (Eds.), Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (CIBNOR), México, pp. 21-29.
- Brasil, B. S. A. F., Silva, F. C. P., & Siqueira, F. G. (2017). Microalgae biorefineries: The brazilian scenario in perspective. *New Biotechnology*, 39: 90-98.
- Corzo, P. R. J., Manrique, R. I. G., Sandoval, H. J. A., & Fernández, D. R. (2019). Evaluación de carotenoides y lípidos en la microalga *Scenedesmus dimorphus* a escala laboratorio. *Mutis*, 9.
- D'Alessandro, E. B., & Antoniosi, F. N. R. (2016). Concepts and studies on lipid and pigments of microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58: 832-841.
- Delattre, C., Pierre, G., Laroche, C., Michaud, P. (2016). Production extraction and characterization of microalgal and cyanobacterial exopolysaccharides. *Biotechnology Advances*, 34: 1159-1179.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- Gan, X., Shen, G., Xin, B., & Li, M. (2016). Simultaneous biological desalination and lipid production by *Scenedesmus obliquus* cultured with brackish water. *Desalination*, 400: 1-6.
- Gour, R. S., Chawla, A., Singh, H., Chauhan, R. S., & Kant, A. (2016). Characterization and screening of native *Scenedesmus* sp. Isolated suitable for biofuel feedstock. *PLoS ONE*, 11: 1-16.
- Hu, C. C., Lin, J. T., Lu, F. J., Chou, F. P., & Yang, D. J. (2008). Determination of carotenoids in *Dunaliella salina* cultivated in Taiwan and antioxidant capacity of the algal carotenoids extract. *Food Chemistry*, 109: 439-446.
- Hussein, M. H., Abou-ElWafa, G. S., Shaaban-Dessuuki, S. A., & Hassan, N. I. (2015). Characterization and antioxidant activity of exopolysaccharide secreted by *Nostoc carneum*. *International Journal of Pharmacology*, 11: 432-439.
- Ishaq, A. G., Matias-Peralta, H. M., & Basri, H. (2016). Bioactive compounds from green microalga *Scenedesmus* and its potential applications: a brief review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39: 1-15.
- Jiang, Y., Zhang, W., Wang, J., Chen, Y., Shen, S., & Liu, T. (2013). Utilization of simulated flue gas for cultivation of *Scenedesmus dimorphus*. *Bioresource Technology*, 128: 359-364.
- Katiyar, R., Gurjar, B. R., Biswas, S., Pruthi, V., Kumar, N., & Kumar, P. (2017). Microalgae: An emerging source of energy-based bio-products and a solution for environmental issues. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 72: 1083-1093.
- Leal, M. G. I., Abril, B. J. E., Martínez, G. S. J., Muñoz, P. Y. A., Peñaranda, L. E. M., & Urbina, N. A. (2016). Producción de ácidos grasos poliinsaturados a partir de biomasa microalgal en un cultivo heterotrófico. *Revista ION*, 30: 91-103.
- Martínez, C., Mairet, F., & Bernard, O. (2018). Theory of turbid microalgae cultures. *Journal of Theoretical Biology*, 456: 190-200.

- Mei-Ling, S., Zhao, F., Shi, M., Zhang Xi, Y., Zhou, B. C., Zhang, Y. Z., & Chen, X. L. (2015). Characterization and biotechnological potential analysis of a new exopolysaccharide from the Arctic marine bacterium *Polaribacter* sp. SM1127. *Scientific Reports*, 5.
- Nicoletti, M. (2016). Microalgae Nutraceuticals. *Foods*, 5: 54.
- Pérez-Vázquez, C. G., & Ayala-Islas, A. (2017). Aislamiento, identificación y curva de crecimiento de la microalga *Scenedesmus obliquus* con fines biotecnológicos. *Jóvenes en la Ciencia*, 3:144-148.
- Pirastru, L., Darwish, M., Chu, F. L., Perreault, F., Sirois, L., Sleno, L., & Popovic, R. (2012). Carotenoid production and change of photosynthetic functions in *Scenedesmus* sp. Exposed to nitrogen limitation and acetate treatment. *Journal of Applied Phycology*, 24: 117-124.
- Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P. Y., & Vaca-García, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35: 265-278.
- Selim, M. S., Mohamed, S. S., Shima, R. H., El Awady, M. E., & El Sayed, O. H. (2015). Screening of bacterial antioxidant exopolysaccharide isolate from Egyptian habitats. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7: 980-986.
- Valverde, F., Romero-Campero, F. J., León, R., Guerrero, M. G., & Serrano, A. (2016). New challenges in microalgae biotechnology. *European journal of Protistology*, 55: 95-101.
- Velichkova, K., Sirakov, I., & Georgiev, G. (2013). Cultivation of *Scenedesmus dimorphus* strain for biofuel production. *Agricultural Science and Technology*, 5: 181-185.
- Vidyashankar, S., VenuGopal, K. S., Chauhan, V. S., Muthukumar, S. P., & Sarada, R. (2015). Characterization of defatted *Scenedesmus dimorphus* algal biomass as animal feed. *Journal of Applied Phycology*, 27: 1871-1879.
- Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M.J., Sijtsma, L., Ploeg, M., & Enzing, C. (2015). Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Science & Technology*, 42: 81-92.
- Wang, L., Li, Y., Sommerfeld, M., & Hu, Q. (2013). A flexible culture process for production of the green microalga *Scenedesmus dimorphus* rich in protein, carbohydrate, or lipid. *Bioresource Technology*, 129: 289-295.
- Xiao, R., & Zheng, Y. (2016). Overview of microalgal extracellular polymeric substances (EPS) and their applications. *Biotechnology Advances*, 34: 1225-1244.

Diversidad de aves y quirópteros en un paisaje agroforestal con plantaciones de palma africana, Campeche, México

Oscar Gustavo Retana-Guiascón^{1,*}, Jesús Vargas-Soriano¹

Resumen. En este trabajo se estimó la diversidad de aves y quirópteros asociada a plantaciones de palma africana en los ejidos Oxcabal y Chekubul, Municipio de Carmen, Campeche. Durante cuatro meses se trabajó en dos plantaciones de baja escala (< 50 Ha); una de 5 años (P5) asociada a parches de vegetación natural y otra de 20 años (P20) rodeada de potreros. Para cada condición se muestrearon, mediante trayectos lineales y por plantación, la abundancia relativa y riqueza de especies, así como la diversidad alfa mediante el índice de Shannon-Wiener. Para la P5 se obtuvo una riqueza de 24 especies de aves pertenecientes a 11 órdenes taxonómicos y solo se obtuvo el registro de tres especies de murciélagos: *Glossophaga soricina*, *Dermanura phaeotis* y *Uroderma bilobatum*. Para la P20 solo se registraron individuos pertenecientes a dos especies de aves (*Dumetella carolinensis* y *Zenaida asiática*) y tres de quirópteros (*Glossophaga soricina*, *Sturnira lilium* y *Uroderma bilobatum*). Acorde a la diversidad obtenida para la aves ($H' = 2.3805$), en la plantación de palma de 5 años en el ejido Chekubul, se establece que la colindancia con relictos de vegetación natural, potreros, así como la vegetación asociada a cultivos de palma adyacentes de distinta edad 10 y 20 años, conforman un mosaico de unidades agroforestales que favorece una mayor heterogeneidad a nivel de paisaje y variedad de recursos alimenticios, zonas de refugio y descanso, lo cual influye directamente en una mayor presencia y riqueza de aves y otros grupos animales. Por lo tanto, en los territorios comunales donde se esté realizando la reconversión productiva a plantaciones de palma africana a baja escala, es fundamental mantener una matriz agroforestal heterogénea que conserve los parches de vegetación natural, ya que son determinantes en una mayor presencia y riqueza de especies faunísticas.

Palabras clave: Agroforestal, Avifauna, Palma de aceite

Abstract. In this study, we aimed to estimate the diversity of bird and chiropteran (bat) species associated with African palm plantations. The study was conducted in the villages of Oxcabal and Chekubul, Municipality of Carmen, Campeche. We worked on two small-scale African palm plantations (<50 Ha) for a duration of four months. One plantation was five years old (P5) and had patches of natural vegetation nearby, while the other plantation was 20 years old (P20) and was surrounded by pasture. For each site, we sampled the relative abundance, species richness, and alpha diversity using the Shannon-Wiener index. Linear transects of one kilometer and two netting sampling stations per plantation were used. In P5, we recorded a richness of 24 bird species belonging to 11 taxonomic orders, and only three species of bats (*Glossophaga soricina*, *Dermanura phaeotis*, and *Uroderma bilobatum*). In P20, we recorded two bird species (*Dumetella carolinensis* and *Zenaida asiatica*) and three species of bats (*Glossophaga soricina*, *Sturnira lilium*, and *Uroderma bilobatum*). Based on the diversity obtained for the birds ($H' = 2.3805$) in the 5-year-old palm plantation in the Chekebul village, we determined that the adjoining relicts of natural vegetation, pasture, and the vegetation associated with adjacent palm crops of different ages (10 and 20 years) form a mosaic of agroforestry units. This mosaic creates greater heterogeneity at the landscape level, providing a variety of food resources, refuge, and rest areas. These factors directly influence the presence and richness of birds and other animal groups. Therefore, it is essential to maintain a heterogeneous agroforestry matrix that preserves patches of natural vegetation in communities where

¹Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche. México.

*Autor para la correspondencia: ogretana@uacam.mx

conversion to small-scale African palm plantations is being carried out. These patches are crucial for supporting a greater presence and richness of faunal species.

Keywords: Agroforestry, Avifauna, Oil palm.

1. Introducción

La palma africana (*Elaeis guineensis*), es una especie de planta nativa de los bosques tropicales de África Occidental, particularmente de las costas del golfo de Guinea. El aprovechamiento humano de sus frutos y aceite para fines alimenticios, artesanales y medicinales, entre otros; data de hace más de cinco mil años. No obstante, el comercio global del aceite de esta palmacea se gesta a mediados del siglo XIX como resultado de la Revolución Industrial en Europa, demandando una mayor cantidad de aceite vegetal para la manufactura principalmente de velas y jabones. Tras la invención de la margarina a finales del siglo XIX, se detonaría aún más las exportaciones de aceite de palma a Europa. De las 30,000 toneladas reportadas para el año de 1870, se incrementaría al orden de 87 000 toneladas para el año de 1911. (Berger & Martin, 2000; EPOA, 2014). El aceite de palma es un producto muy versátil que se utiliza en una amplia variedad de productos alimenticios, cosméticos, aplicaciones industriales y bioenergéticos, por lo que en las últimas décadas la producción mundial de Palma de aceite se elevó de 15.2 millones de toneladas en 1995 a 74.5 millones de toneladas en 2019, cifra que representa el 36 % de la producción de aceites vegetales en el mundo, por lo que se ubica como el aceite vegetal con el mayor porcentaje de producción y con el mayor rendimiento (3.8 toneladas por hectarea), siendo el más consumido del siglo XXI (Derek et al., 2017; USDA, 2018).

A pesar de las múltiples ventajas de la palma africana con respecto a cualquier otra planta oleaginosa, también es un hecho que existen presiones internacionales en torno a los impactos ambientales y sociales que su cultivo ha provocado. Se señala, que el problema no es la planta en sí, sino el modelo expansivo de las plantaciones, máxime que se ha y está desarrollado en las regiones tropicales de Asia, África y América, las cuales se caracterizan por ser áreas con alta biodiversidad (Vijay et al., 2016). Se arguye, que las plantaciones de esta especie de palma en Indonesia y Malasia han conllevado altos costos ecológicos; entre los que destacan: la deforestación, pérdida de hábitat de especies amenazadas y en peligro de extinción, quemas no controladas para la preparación de terrenos lo que contribuye al cambio climático por la emisión de CO₂, así como contaminación de suelos y acuíferos por uso de plaguicidas (PNUMA; 2008). Los mayores impactos sobre la biodiversidad se concentran actualmente en Malasia e Indonesia, pero pueden extenderse hacia África y Latinoamérica (Meijaard et al., 2018).

La demanda creciente de aceite de palma africana que se registra a nivel mundial, ha provocado que en Latinoamérica se produzca una acelerada expansión de plantaciones de palma africana de 2000 a 2013, por lo que también se incrementará la amenaza de deforestación y pérdida de biodiversidad. Para el caso del sureste de México (Chiapas, Veracruz, Tabasco y Campeche) en donde se ha desarrollado la actividad palmera desde 1996, se ha registrado en el 2020 una superficie de 117,534.01 hectáreas de palma africana; de estas el 44% se ubica en el estado de Chiapas, 26% en Campeche, 23% en Tabasco y el 7% en Veracruz (FEMEXPALMA, 2021). No obstante, Vega-Leinert et al. (2021), señalan que resulta incongruente que persista el interés en subsidiar y fomentar la actividad palmera en México y a la vez sea el cultivo menos estudiado en cuanto a los impactos socio-ambientales que

puede conllevar su forma de producción, máxime si se están estableciendo plantaciones a gran escala de inversión privada. En cuanto a estudios faunísticos relacionados a los cultivos de palma africana, la información es muy limitada, únicamente se registraron dos estudios en el estado de Tabasco; uno del año 2000 que consistió en un inventario preliminar vertebrados asociados a una plantación experimental de palma (Sánchez, 2000). El segundo estudio, en año 2019 comprende una investigación sobre la composición de las especies y la abundancia relativa de mamíferos entre plantaciones de palma africana de baja escala (< 50 ha) y fragmentos de vegetación secundaria (Knowlton et al., 2019). Por ende; ante este vacío de información, el objetivo general de este trabajo fue estimar la composición de especies de aves y murciélagos asociadas a plantaciones de palma africana de baja escala.

2. Materiales y Métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en plantaciones de palma de aceite de pequeños productores de los ejidos Oxcabal (18°51'54.9" N y 90°57'55.5" W, 14 mns) y Chekubul (18°48'48.1" N y 90°59'35.8" W, 18 mns), municipio de Carmen, Campeche (Figura 1). Ambos ejidos se ubican en la sección municipal de Sabancuy que corresponde a la Provincia Fisiográfica XIII-Llanura Costera del Golfo Sur, en la cual predomina un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 26.7°C. Hidrológicamente se localiza dentro de la cuenca Laguna de Términos de la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30), registra una precipitación anual de 1200 a 1500 mm. Los grupos dominantes de suelo son el gleysol y vertisol, los tipos de vegetación natural que se pueden encontrar en la región son; pastizal, sabana y selva mediana subperrenifolia. (INEGI, 2017).

Las actividades económicas primarias en ambos ejidos son la ganadería bovina, agricultura para autoconsumo y recientemente el cultivo de palma de aceite, actividad para fines comerciales que ha tomado auge en las últimas décadas cuyos pequeños productores se han organizado en Sociedades de Producción Rural, las que a su vez conforman una unión de sociedades de producción rural denominada Unión de Palmicultores del Milenio.

Sitios de muestreo

Tras un proceso de reconocimiento del área y valoración en campo en cuanto a las características de las plantaciones, así como las vías de acceso y seguridad, se decidió evaluar la presencia/ausencia de fauna bajo dos condiciones de muestreo: 1) Plantaciones de distinta edad y 2) presencia/ausencia de heterogeneidad agroforestal asociado a la plantación, para lo cual se definieron una serie de criterios de diagnóstico (Cuadro 1).

El primer sitio de muestro seleccionado fue una plantación de palmas de 5 años en un área de seis hectáreas ubicada en el ejido Chekubul (Figura 1). Esta plantación se caracterizó por colindar con un relicto de vegetación natural de una extensión de 50 ha aproximadamente. El segundo sitio de muestreo se ubicó en el ejido Oxcabal a nueve kilómetros de primer sitio (Figura 1). Se trabajó en una plantación con palmas de 20 años con una extensión de 60 ha, en esta se muestreo en la porción central de la plantación considerando la misma unidad de muestreo con respecto al primer sitio (6 ha). Cabe destacar que en la periferia de la plantación de 20 años no existen parches de vegetación natural y únicamente se registran potreros.

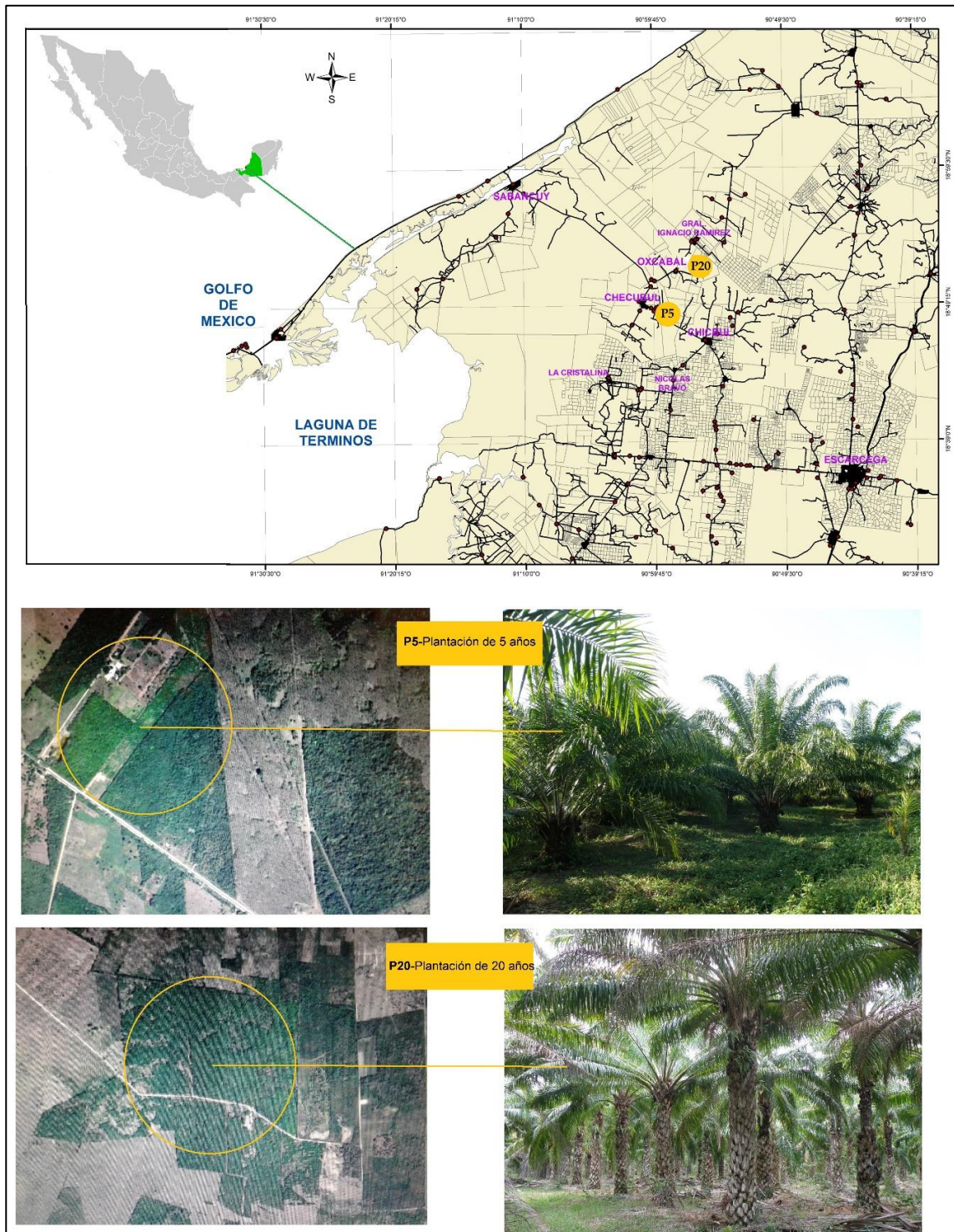


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en Plantaciones de Palma de aceite ubicadas en los ejidos Oxcabal y Chekubul, Municipio de Carmen, Campeche.

Cuadro 1. Criterios que se consideraron para correlacionar la presencia y diversidad de fauna en las plantaciones seleccionadas.

Criterios	Plantaciones	
	Chekubul	Oxcabal
Edad de palma/cultivo (años)	5	20
Altura promedio de las palmas (metros)	6	15
Tamaño de la plantación (ha)	6	60
Área muestreada	6	6
Presencia/ausencia de estrato herbáceo. Se definió como el porcentaje del área muestreada de la plantación cubierta por hierbas.	Alto	Bajo
Alto > 75 %		
Medio 50%		
Bajo < 25%		
Presencia/ausencia de epifitas. Se definió como el porcentaje de palmas del área muestreada con epifitas	Bajo	Bajo
Alto > 75 %		
Medio 50%		
Bajo < 25%		
Heterogenidad agroforestal adyacente a cada plantación.	Fragmentos de vegetación natural > a 30 ha, aguada, cultivos de de maíz, plantaciones de palma de 20 años y potreros.	Solo Potreros

De marzo a junio de 2019 se realizaron los muestreos de campo, en la plantación de 5 años (P5) y la plantación de 20 años (P20) se estimó la abundancia relativa y riqueza de aves mediante transectos lineales de un kilómetro en dos periodos de registro; 06:30 a 08:30 hrs y de 17:00 a 19:00 hrs (Ralph et al., 1996). Para la identificación de las aves por observación se utilizaron binoculares (10 x 40), así como las guías de campo de Howell & Webb (1995) y MacKinnon (2017). Complementariamente se realizaron registros de aves por captura mediante la instalación de dos redes tipo “mist net” de 12 m de largo x 2.6 m de alto, las cuales se distribuyeron a intervalos de 250 m y estuvieron activas de 07:00 a 11:00 hrs y 16:00 a 19:00 hrs. Se tomó el registro fotográfico de las aves capturadas, así como datos generales de cada individuo (e.j. muda, sexo, edad) (Ralph et al., 1996).

Para el registro de las especies de murciélagos se instalaron dos redes de nylon tipo “mist net” de 12 m de largo x 2.6 m de alto (Figura 2), las cuales se distribuyeron a intervalos de 250 m y se abrieron a partir de las 19:00 horas y se cerraron a las 23:00 horas por medidas de seguridad en campo. Las redes se colocaron a 1.20 m del suelo, alcanzando una altura de 3.70 m por lo cual el muestreo se limitó a especies que tienen una actividad a nivel del sotobosque. Los individuos capturados fueron identificados con base en las guías de Medellín et al. (2008) y Reid (2009), antes de ser liberados, se anotó la edad relativa (juvenil, subadulto o adulto), sexo y estado reproductivo (para hembras: preñadas, lactando o inactivas; para machos: con testículos abdominales o escrotados).

La riqueza de especies de aves se obtuvo sumando las especies capturadas y observadas dentro de los sitios de muestreo. La abundancia relativa se estimó a partir de los datos de recuento (excluyendo las aves capturadas), se utilizaron las proporciones de las observaciones individuales de aves en cada una de las plantaciones (Magurran, 1989). Solamente se pudo estimar para la plantación de 5 años el índice de Margalef, la diversidad alfa (H') e índice de equidad (E). El índice de Margalef supone una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos, por lo que un índice con valores menores a 2 denotan una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos a 5 o superiores reflejan una riqueza de especies alta (Magurran, 2004). Con $DMg = S - 1/\ln N$, donde S = número de especies, N = número total de individuos, la diversidad alfa (α) se estimó mediante el índice de Shannon-Wiener (H), (Moreno, 2001) con $H = - \sum (pi) \times \ln (pi)$, donde pi : abundancia relativa (ni/Ni), ni : número de individuos de una especie, Ni : número total de individuos de todas las especies presentes en la muestra, El índice de equidad (E) de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada, con $E = H/H'_{max}$, donde: $H'_{max} = \ln (S)$. La equidad puede variar entre 0 y 1, en donde el 0 representa una comunidad donde una especie es la dominante y el 1 corresponde a una situación en donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1989; Moreno, 2001).

3. Resultados y discusión

Riqueza de especies. Para la plantación de palma de 5 años (P5), se obtuvo una riqueza de 24 especies de aves pertenecientes a 22 géneros, 18 familias y 11 ordenes taxonómicos (Cuadro 2). Siendo el orden Passeriformes el que tuvo el mayor número de especies (50%), agrupadas en 11 géneros y 8 familias. En cuanto al grupo de quirópteros en la P5 solo se obtuvo la captura de siete individuos de murciélagos pertenecientes a tres especies de fillostomidos (*Glossophaga soricina*, $n=4$; *Dermanura phaeotis*; $n=1$; *Uroderma bilobatum*; $n=2$). (Figura 3).

Para la plantación de palma de 20 años solo se registraron 20 individuos pertenecientes a dos especies de aves; *Dumetella carolinensis* (Maullador Gris) y *Zenaida asiatica* (Paloma Alas Blancas). Ambas especies tienen una amplia distribución en el continente americano; desde los Estados Unidos, México y América central. En lo que respecta a murciélagos, en esta plantación únicamente se logró capturar cuatro individuos pertenecientes a tres especies; *Glossophaga soricina* ($n=2$), *Sturnira lilium* ($n=1$), y *Uroderma bilobatum* ($n=1$). (Figura 3).

Diversidad alfa. Para la P5 se obtuvo que el valor de la diversidad alfa se condiera como media ($H' = 2.3805$) con una diversidad máxima de $H'_{max} = 2.7726$. El índice de riqueza de Margalef obtenido también se considera medio, aunque con una tendencia a ser alta ya que su valor de $SMgP5 = 3.7603$ es próximo a cuatro. En lo que respecta al índice de equidad de Pielou tuvo un valor alto de $J = 0.8586$. En cuanto a la diversidad de aves para la plantación de palma de 20 años no se pudo calcular debido al escaso registro de especies ($S = 2$). De igual forma, el bajo registro por captura de murciélagos no permitió obtener los valores de diversidad y su comparación entre las dos condiciones muestreadas.

Conforme a los resultados obtenidos en el presente trabajo, en la P5 se registró una mayor abundancia y riqueza de aves con respecto a la P20. En esta última, el registro de aves fue prácticamente nulo durante el periodo de muestreo, lo cual se puede atribuir en primera instancia a que la plantación presenta una estructura del dosel homogénea y poco densa, aunado a la falta de estrato herbáceo y arbustivo. De igual forma, la disposición y altura de las palmas conforman una zona muy expuesta al interior de la plantación, por lo que es carente de refugios, sitios de descanso y

alimentación. Asimismo, esta plantación de aproximadamente 60 ha está rodeada por potreros. Por lo estos factores están influyendo directamente en una baja heterogeneidad del paisaje lo que está correlacionado a una baja o nula diversidad de aves. De acuerdo con Bengtsson et al. (2003), en paisajes estructuralmente simples, no pueden sostener un conjunto de especies ya que no cuentan con la estructura vegetal que permita una estabilidad a largo plazo de los procesos ecológicos locales.



Figura 2. Instalación de red “mist net” en la plantación de palma de aceite de 20 años.

Cuadro 2. Riqueza específica de aves registradas en la plantación de palma de 5 años (N= número de individuos).

Orden	Familia	Especie	N
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	10
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	1
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	2
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	4
Apodiformes	Trochilidae	<i>Anthracothorax prevostii</i>	2
		<i>Amazilia candida</i>	4
		<i>Amazilia tzacatl</i>	1
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	2
Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	1

Orden	Familia	Especie	N
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	2
Falconiformes	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	2
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	14
Passeriformes	Tityridae	<i>Schiffornis veraepacis</i>	1
		<i>Poecilatriccus sylvia</i>	1
	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	3
		<i>Myiozetetes similis</i>	4
		<i>Vireo olivaceus</i>	1
	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	2
	Mimidae	<i>Dumetella carolinensis</i>	5
	Icteridae	<i>Icterus spurius</i>	1
		<i>Icterus mesomelas</i>	2
		<i>Dives dives</i>	1
	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	3
	Thraupidae	<i>Saltator grandis</i>	4

$\sum N=73$; $S= 24$; $H' = 2.3805$; $SMg = 3.7603$



Figura 3. Especies de murciélagos registradas en la plantación de palma de 5 años (1. *Glossophaga soricina*, 2. *Dermanura phaeotis* y 3. *Uroderma bilobatum*), y en la plantación de palma de 20 años (4. *G. soricina*, 5. *U. bilobatum* y 6. *Sturnira lilium*).

Por el contrario, en la plantación de palma de 5 años se obtuvo que el número de especies de aves registradas arrojan un valor alto de equitatividad (índice de Pielou), esto nos indica que la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad es proporcionalmente homogénea y no existe una especie claramente dominante. Por lo tanto, se puede establecer que las especies de aves registradas en la plantación de palma de 5 años forman parte de una comunidad mayor de aves que usa esta plantación para obtener ciertos recursos alimenticios, especialmente insectos y frutos. Esto debido en primer término a la estructura que caracteriza a esta plantación que posee un estrato herbáceo de plantas pioneras que se caracterizan por una alta productividad reproductiva (flores, néctar, polen, frutos y semillas), lo cual atrae a una amplia variedad de invertebrados y vertebrados. De igual forma, la altura de la canopia de esta plantación no se sobrepasa los 7 metros, por lo que la estructura espacial que se conforma entre el suelo y dosel es más cerrada con respecto a la plantación de 20 años. No obstante, un punto central que favorece la asociación de una diversidad alfa media de aves en esta plantación es la colindancia con un relicto de vegetación natural correspondiente a una selva mediana subperennifolia, así como un cultivo de palma de 20 años, una aguada y potreros de baja extensión (< 10 ha), lo cual conforma un mosaico agroforestal que favorece una heterogeneidad a nivel de paisaje lo cual influye directamente en una mayor presencia y diversidad de aves. Esto coincide con lo reportado por Azhar et al. (2011), quienes compararon ensambles de aves entre plantaciones de palma de aceite de pequeños productores (1 a 50 ha) y plantaciones industriales (> 1000 ha), obtuvieron que los ensambles son similares en ambos tipos de plantaciones. Sin embargo, registraron que las plantaciones de pequeños productores presentaron niveles superiores de abundancia y riqueza de especies, por lo que la diversidad funcional también fue mayor. Estas variaciones las atribuyeron a una mayor heterogeneidad a nivel de paisaje alrededor de las plantaciones comunales de palma de aceite.

Por otra parte, un estudio realizado por Tamaris et al. (2017), analizaron la avifauna en dos fincas con plantaciones de palma de aceite de 1400 y 1480 ha ubicadas en los llanos orientales de Colombia. En estas plantaciones muestrearon lotes con palmas de tres diferentes clases de altura (edad): palmas chicas (de 2 a 6 m), medianas (7-10 m) y grandes (11-15 m). Los resultados mostraron que la abundancia de aves no fue significativamente diferente entre las clases de altura de las palmas, solo hubo diferencia en la densidad de individuos que fue mayor en las palmas pequeñas reduciéndose a medida que aumentó la altura. Sin embargo, concluyen que las grandes plantaciones de palma de aceite solo son funcionales para un bajo número de especies; las cuales son generalistas, de amplia distribución y baja importancia de conservación. En el caso del presente estudio, se establece que la estructura vegetal asociada a la edad y altura de plantaciones de baja escala (< 50 ha), si es determinante en la abundancia y riqueza de aves. Empero, un factor esencial que influye directamente en la presencia de aves es la colindancia con áreas de vegetación natural, ya que proporcionan una amplia variedad de servicios a distintas comunidades faunísticas.

De acuerdo con Fitzherbert et al. (2008), el reemplazo de la vegetación nativa que comprende áreas forestales por un sistema a gran escala que es uniforme en edad, estructura, dosel poco denso, escaso sotobosque y un microclima más severo, impacta negativamente en la diversidad de especies. Aunque también se ha señalado que la conversión o transformación de la vegetación nativa en cultivos o plantaciones forestales de baja escala (pequeños productores) impacta en una reducción de la diversidad a nivel local, a nivel regional pueden incrementarla al aumentar la heterogeneidad del paisaje, siempre y cuando existan áreas de vegetación natural y la perturbación no sea alta (Mellink, 1991).

Danielsen & Heegaard (1995), obtuvieron que las plantaciones son estructuralmente menos complejas que los bosques naturales, esto debido a que la estructura de edades es uniforme, un dosel homogéneo y reducido verticalmente, sotobosque escaso, microclima poco estable y una mayor perturbación humana, así como despejó y rotación de cada 25 – 30 años. Asimismo, las plantaciones de palma de aceite tienden a ser más calientes, secas y con mayor luminosidad debido a que su dosel es menos denso con respecto a la vegetación natural, por lo que se considera que estos factores pueden ser determinantes para favorecer el establecimiento y abundancia de las comunidades animales. Por lo tanto, el conservar áreas de vegetación natural es trascendental para favorecer la diversidad de las aves y de otras comunidades animales, tal y como lo establecieron Cajas et al. (2015), quienes realizaron un estudio en Izabal, Guatemala, en el que evaluaron la diversidad y estructura de las comunidades de aves presentes en tres tipos de hábitat; bosques naturales, sitios en regeneración y plantaciones de palma africana las cuales ocupan un área aproximadamente de 10 mil ha.

Los valores más altos de riqueza y diversidad fueron para los sitios muestreados de bosque ($S=63$), en tanto para los sitios de palma se obtuvo la menor riqueza ($S= 11$). Los autores enfatizan la importancia de las áreas de vegetación natural para la conservación de especies de aves residentes y migratorias. Por el contrario, consideran que la estructura vegetal horizontal y vertical bastante simple de las plantaciones de palma africana a gran escala ofrecen pocos recursos para las aves y una mayor vulnerabilidad de depredación, causando el empobreciendo la comunidad de especies faunísticas y favoreciendo el establecimiento de especies generalistas.

Concluyen que, para favorecer el mantenimiento de la biodiversidad faunística dentro de plantaciones y monocultivos intensivos, es trascendental proteger los fragmentos de bosque alrededor de las plantaciones, así como mantener o crear fragmentos de vegetación natural dentro de las plantaciones a gran escala, aunque señalan que faltan estudios que evalúen científicamente la eficacia de estas medidas de manejo.

En las últimas décadas se ha demostrado que los sistemas agroforestales de baja intensidad también pueden ser elementos importantes de programas de conservación a gran escala. Por lo cual, es fundamental desarrollar estudios diagnósticos integrales e interdisciplinarios que consideren dos escalas de análisis; la escala local de la “Plantación” y la escala del “Paisaje” como unidad integral de análisis de la heterogeneidad estructural (espacial y temporal), a fin de poder determinar ecológicamente la importancia de un sistema agroforestal en términos de composición faunística (Fahrig et al., 2011; Bhagwat et al., 2012; Tschardt et al., 2012).

4. Conclusiones

La composición de especies de aves registradas en la plantación de 5 años está directamente correlacionada a una matriz agroforestal más heterogénea a nivel local y del paisaje, jugando un papel esencial los fragmentos de vegetación natural cuya estructura vegetal horizontal y vertical ofrece otras opciones de recursos a las comunidades faunísticas. Por lo tanto, es fundamental que en los territorios comunales con sistemas agroforestales en donde se esté dando la reconversión productiva a plantaciones de palma africana de baja escala, como las que se trabajaron en este estudio, se considere la conservación de los relictos de vegetación natural que aún existen, ya que son determinantes en una mayor presencia y asociación de especies avifaunísticas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto Biocombustibles y cambio climático. Impactos socioambientales del cultivo de palma de aceite en Campeche-PDCPN-2015-324- CONAHCYT Problemas Nacionales.

Referencias Citadas

- Azhar, B.; Lindenmayer, D. B., Wood, J., Fischer, J., Manning, A., McElhinny, C., & Zakaria, M. (2011). The conservation value of oil palm plantation estates, smallholdings and logged peat swamp forest for birds. *Forest Ecology and Management*, 262: 2306-2315.
- Bengtsson, J.; Angelstam, P., Elmquist, T., Emanuelsson, U., Forbes, C., & Ihse, M. (2003). Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio*, 32: 389-396.
- Berger, K., & Martin, S. (2000). Palm Oil. pp. 397-411. In: *The Cambridge World History of Food* (Kiple, K. & K. Ornelas, eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bhagwat, S., Cole, L., & Willis, K. (2012). Biodiversity conservation, rural livelihoods and sustainability of oil palm landscapes: problems and prospects. In: *Biodiversity conservation in agroforestry landscapes: challenges and opportunities*. (Simonetti, J. A., Grez, A., & Estades, C., eds.). Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 117-130 pp.
- Cajas, C. J., Cobar, A. J., Ávila, R., Kraker, C., & Quiñónez, J. M. (2015). Diversidad de Aves de Sotobosque en Bosques Tropicales, Áreas de Regeneración Natural y Cultivos de Palma Africana en Humedales del Lago de Izabal, Guatemala. *Ornitología Neotropical*, 26: 1-12.
- Danielsen, F., & Heegaard, M. (1995). Impact of logging and plantation development on species diversity: a case study from Sumatra. pp. 73-92. In: *Management of Tropical Forests: Towards an Integrated Perspective* (Sandbukt, O, ed.). Centre for Development and the Environment, University of Oslo.
- Derek, B., Falcon, W. P., & Naylor, R. L. (2017). *The Tropical Oil Crop Revolution: Food, Feed, Fuel, and Forests*. Oxford University Press, New York.
- European Palm Oil Alliance. (2014). *The Palm Oil History*. 3er Issued. European Palm Oil Alliance (EPOA). Creating a balanced view on palm oil and food. <https://www.palmoilandfood.eu/en>
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F., Crist, T., Fuller, R., Sirami, C., Siriwardena, G., & Martin, J. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14: 101-112.
- FEMEXPALMA. (2021). *México Palmero en Cifras: Anuario Estadístico*. Federación Mexicana de Palma de Aceite (FEMEXPALMA). Villahermosa Tabasco: S/E.
- Fitzherbert, E. B., Struebig, M. J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C., Donald, P., & Phalan, B. (2000). How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 538-545.
- Howell, S., & Webb, S. (1995). *A field guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. N. Y.
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Campeche 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. 399 p.
- Knowlton, J. L., Mata, E., Ripley, A., Valenzuela, B., & Collado, R. (2019). Mammal Diversity in Oil Palm Plantations and Forest Fragments in a Highly Modified Landscape in Southern Mexico. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2: 67.
- MacKinnon, H. B. (2017). *Sal A pajarear Yucatán. Guía de Aves*. La Vaca Independiente S. A. de C. V. México.
- Magurran, A. E. (1989). *Ecological Diversity and its Measurement*. Ediciones VEDRA. Caspe, Barcelona, España. 100p.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.

- Medellín, R., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., & Cruz, E. (2006). Censos y monitoreo. En: El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo, (Chávez, C., y G. Ceballos, edis.). México: Conabio-Alianza WWF TelcelUniversidad Nacional Autónoma de México.
- Meijaard, E., Garcia, U., Sheil, D., Wich, S.A., Carlson, K., Juffe-Bignoli, D., & Brooks, T. (2018). Oil palm and biodiversity. A situation analysis by the IUCN Oil Palm Task Force. IUCN Oil Palm Task Force Gland, Switzerland, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Mellink, E. (1991). Bird communities associated with three traditional agroecosystems in the San Luis Potosi Plateau, Mexico. *Ecosystems & Environment* 36:37-50.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Cooperación Iberoamericana Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UNESCO ORCYT-Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.
- PNUMA. (2008). Informe anual del PNUMA 2007. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenya. 58p.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R.; Pyle, P., Martin, T., DeSante, D. F., & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 100p.
- Reid, F. (2009). A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford, University Press. New York, United States of America. 100p.
- Sánchez, S. (2000). Vertebrados silvestres registrados en una parcela de palma aceitera en Tabasco, México. *ASD Oil Palm Papers (Costa Rica)*, 20: 17-18.
- Tamaris, T. D., López, H. F., & Romero, N. (2017). Efecto de la estructura del cultivo de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Arecaceae) sobre la diversidad de aves en un paisaje de la Orinoquía colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 65: 1569-1581.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batráry, P., & Bengtsson, J. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes- eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87: 661- 685.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2018). Palm Oil Production by Country Estimate: 2018. <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil>.
- Vega-Leinert, A. C., Sandoval, D., Vega del Valle, D., Calzada, J. M., & Clausing, P. (2021). Cultivo de palma de aceite en México - Balance de la situación actual y análisis espacial. Universidad de Greifswald-CECCAM-México vía Berlin e. Ciudad de México, México.
- Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N. & Smith, S. J. (2016). The Impacts of Oil Palm on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. *PLoS ONE*, 11: 1-19.

Sistemas agroforestales (SAF) como una estrategia para el desarrollo rural en la Chinantla Oaxaqueña

Rosario Aide Hernández-López¹, Juana Yolanda López-Cruz^{1,*}, Yolanda Donají Ortiz-Hernández¹

Resumen. Las condiciones de erosión de suelo y degradación del medio ambiente son situaciones que prevalecen en muchas comunidades rurales, por ello las técnicas de Sistemas Agroforestales (SAF) empleadas en la Chinantla oaxaqueña crean un ecosistema perfecto para la vida de plantas y animales, considerándose una estrategia para el desarrollo rural sustentable. El objetivo de esta investigación es analizar el papel que desempeñan los sistemas agroforestales en el mejoramiento del ambiente y su impacto en el desarrollo rural. El área de estudio se ubica en la comunidad de San Martín Soyolapam, Sierra Norte, Oaxaca. Donde la mano de obra femenina es indispensable, ya que son quienes inician la cadena de suministro del cacao. La metodología es cualitativa, con recopilación de información a través de talleres participativos y entrevistas semiestructuradas. Entre los principales resultados se observa que el cultivo de cacao ayuda a la conservación del suelo y medio ambiente y con la producción de chocolate la generación de fuentes de empleo y creación de ingresos para las familias productoras. Como conclusión se tiene que esta actividad además de contribuir al cuidado del ambiente también ayuda a tener un mayor grado de inclusión social a las mujeres al ejercer una participación y liderazgo en estas actividades aportando al desarrollo rural sustentable.

Palabras clave: Sistema Agroforestal, Mujeres Rurales, Cultivo de Cacao, Chocolate Artesanal.

Abstract. The conditions of soil erosion and environmental degradation are prevalent in many rural communities. Therefore, the techniques of Agroforestry Systems (SAF) used in the Oaxacan Chinantla create a perfect ecosystem for the life of plants and animals, making it a strategy for sustainable rural development. The objective of this research is to analyze the role that agroforestry systems play in improving the environment and their impact on rural development. The study area is located in the community of San Martín Soyolapam, Sierra Norte, Oaxaca. The female labor force is indispensable as they are the ones who initiate the cocoa supply chain. The methodology used is qualitative, involving information gathering through participatory workshops and semi-structured interviews. The main results show that cocoa cultivation helps conserve the soil and the environment and, through chocolate production, generates sources of employment and income for producer families. In conclusion, this activity not only contributes to environmental care but also helps women have a greater degree of social inclusion by participating and providing leadership in these activities, thus contributing to sustainable rural development.

Keywords: Agroforestry System, Rural Women, Cocoa Cultivation, Handmade Chocolate

1. Introducción

En México, la degradación de suelos en usos agropecuarios y forestales en tierras secas y montañosas principalmente constituye un problema de orden nacional. La desertificación es considerada ante todo

¹Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: jylopez@ipn.mx

un problema de desarrollo sostenible. Así como, lo es la pobreza y bienestar humano junto con la preservación del medio ambiente. Pues existen cuestiones ambientales como el cambio climático, la degradación del ambiente, la escasez en el abastecimiento de agua potable y otros problemas sociales y económicos, que están estrechamente relacionados con el desarrollo sostenible de las comunidades. Razón por la cual es imperiosa la necesidad de establecer estrategias que contribuyan a disminuir dicha situación. Entre dichas estrategias se ubican los Sistemas Agroforestales (SAF) que por su siembra en asociación con otros cultivos principalmente árboles frutales, crean ecosistemas perfectos para la vida de plantas y animales. Entre estas alternativas se contempla el cultivo de cacao, dada su importancia económica y social.

El cacao es uno de los productos de mayor consumo a nivel mundial, producido por países en desarrollo y consumido por países industrializados. Estados Unidos es quien registra el mayor consumo de esta fruta a nivel mundial, ocupa un 62 % en el continente americano, le sigue Brasil con 14 %, Canadá con 7 % y México con 5 %. La producción de cacao en América Latina y el Caribe, es realizada aproximadamente por 350,000 familias de productores y al menos 1, 750,000 personas se benefician directamente de su producción, distribuidos en 23 países del continente. En México, la producción de cacao ocupa a 45 mil productores y se ubica en el decimotercer lugar en producción de cacao a nivel mundial con 28 mil toneladas, en una superficie de 117,000 ha. Tabasco es el estado que 10 de sus 17 municipios, se dedican al cultivo del cacao, por lo que su aportación nacional es de 66.9% del volumen de producción nacional con 17 mil 281 toneladas, cosechadas en una superficie de 41 mil hectáreas; le sigue Chiapas con el 32.90%, en 9 mil 346 toneladas, Guerrero solamente con 236 toneladas, lo que representa el 0.2% y Oaxaca con una tonelada representando el 0.0035% (CEDRSSA, 2020).

En México, el cacao tiene una alta importancia cultural y económica, su cultivo se centra en tierras bajas tropicales con suelos ricos en materia orgánica, y además constituye la principal materia prima para la elaboración de chocolate, siendo un importante generador de ingresos, empleo y bienestar en las zonas rurales, desarrollados por el esfuerzo de pequeños agricultores. Constituyendo una alternativa para el desarrollo rural sustentable, que en manos de pequeños productores son un factor clave para la sostenibilidad ecológica (Rojas, 2020).

De ahí que el objetivo de esta investigación sea analizar el papel que desempeñan los Sistemas Agroforestales en el mejoramiento del ambiente y su impacto en el desarrollo rural sostenible.

2. Materiales y Métodos

El área de estudio se ubica en la comunidad de San Martín Soyolapam, agencia de policía que pertenece al municipio de Santiago Comaltepec, ubicado en la Sierra Norte de Oaxaca. Se localiza en las coordenadas 17°41'55" N y 96° 16' 58" O, con temperatura media anual de 24 y 28 °C, y precipitación anual de 800 a 1500 mm, con clima cálido sub-húmedo (Trejo, 2004). Esta comunidad se encuentra a 5 km de la desviación de Puerto Eligio ubicado en el kilómetro 63 de la carretera federal 175 Oaxaca-Tuxtepec (Figura 1).

Para abordar esta investigación se emplea la metodología cualitativa, con técnica de recopilación de información a través de talleres participativos, y complementada con entrevistas semiestructuradas. Con base en la información generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) en la localidad hay 105 habitantes, de los cuales el 46.67% (49) son mujeres

el área de estudio (Tierra Blanca, 2022). Por lo que, el impulso de los sistemas agroforestales en las comunidades como San Martín Soyolapam, consisten en integrar a las actividades productivas del campo, acciones que aumenten los beneficios que estas localidades obtienen de dichas actividades para su desarrollo y a su vez permitan conservar y restaurar el entorno natural que los rodea.

Por lo tanto, el cultivo del cacao a través de los SAF son una alternativa para el desarrollo rural sustentable, por sus características de combinación entre un componente agrícola y otro forestal, sobre la misma unidad de superficie genera múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales, (Figura 3). Al mismo tiempo, se dice que al producir en estos sistemas se cosecha prosperidad, siendo de esta manera otra alternativa multifuncional de vida para los productores (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020), dado que genera fuentes de empleo locales aprovechando los conocimientos tradicionales de la población.



Figura 3. Productoras de chocolate. San Martín Soyolapam, Oaxaca, México. Fuente: ERA, 2020.

3. Resultados y Discusión

Las principales actividades agroforestales que San Martín Soyolapam ha implementado son: la selección de semillas del maíz donde en producciones futuras aseguran buenas cosechas, producción de abono orgánico a partir de los mismos desechos del campo, que sustituyen el uso de costosos agroquímicos y que además son contaminantes, integración de árboles frutales y hortalizas intercalados

en las milpas que incrementan la producción, filtran agua y nutrientes al suelo evitando que se deslave y erosione, también contribuye al aumento en la captura de carbono.

El cultivo de cacao lo realizan entre cafetales, plátanos, cocos, mameyes, naranja y canela, con un distanciamiento de siembra en metros de 3x3 con la posibilidad de cultivar 1,111 plantas por hectárea (ha), esperando su producción de frutos en cinco años para que después se cosechen dos veces al año durante los meses de abril y mayo, además de que esta práctica permite conservar el suelo y medio ambiente, representa una actividad económica rentable con beneficios económicos debido a que la producción de chocolate artesanal, genera fuentes de empleo y creación de ingresos para las familias incrementando el bienestar familiar y comunitario del área de estudio.

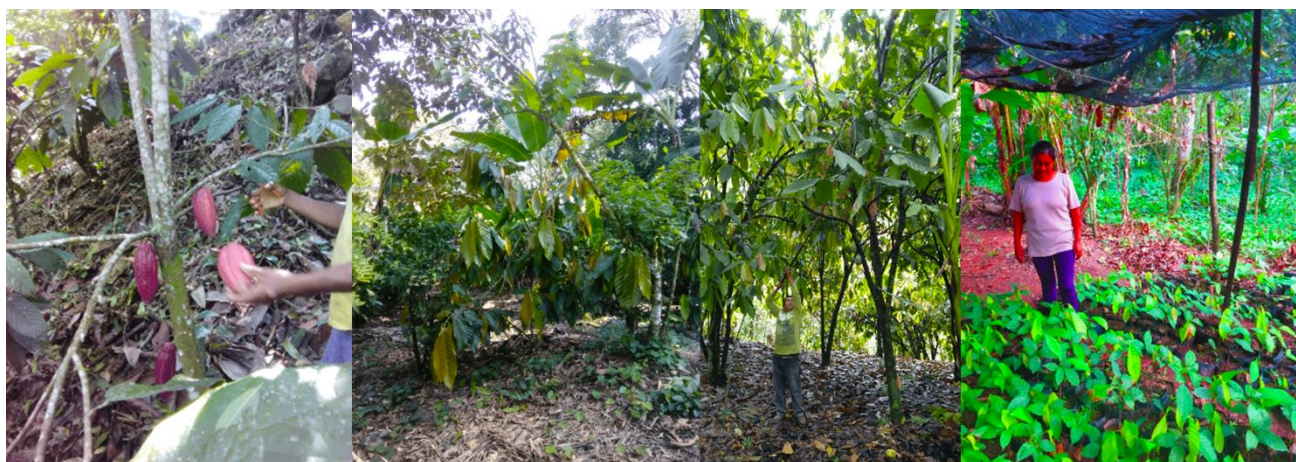


Figura 4. Cultivo de cacao, San Martín Soyolapam.

El cacao (*Theobroma cacao*) que se produce en la zona fueron identificados como “forastero” y “lagarto”. Donde sus principales productos derivados son el cacao tostado, chocolate amargo, semiamargo y dulce; y se distribuye en comunidades como el municipio de Valle Nacional, restaurante “El Mirador” ubicado sobre la carretera federal 175 Oaxaca-Tuxtepec y el mercado orgánico “El Pochote” que se encuentra en la capital del estado.

La elaboración de chocolate se lleva a cabo dos veces al mes y cuando hay mayor demanda de 3 a 4 veces, para el chocolate amargo se compran 40 kg de cacao fermentado cada dos meses a la población local, mientras que para los chocolates semiamargo y dulce se compran bimestralmente, a la comunidad circunvecina de Santiago Progreso, 50 kg de cacao lavado. La producción requerida mensualmente es de aproximadamente 42 kg donde el 70% (30 kg) corresponde a chocolate amargo, el 15% (6 kg) para el semi amargo y el 15% restante (6 kg) para el chocolate dulce. El monto de las ventas es de 7,020 pesos mensuales. El cacao sobrante es almacenado en un silo metálico para ser ocupado en la siguiente elaboración.

4. Conclusiones

Se considera que los SAF son prácticas que contribuyen en el cuidado de los ecosistemas y traen consigo beneficios ambientales al mejorar la fertilidad del suelo, proteger cultivos, restaurar las tierras

degradadas, mejorar la conservación del agua, evitar la erosión de suelo, así como la prevención de plagas en los cultivos.

Dentro de los beneficios económicos que brindan al combinarse con el cultivo del cacao, se encuentra la generación de ingresos en la producción de estos cultivos y que a diferencia del monocultivo esta práctica agrícola exige eficiencias de producción a largo plazo. Finalmente, como beneficio social se tiene que estos sistemas contribuyen a la reducción de la pobreza rural, esto por el incremento de la producción en los predios agrícolas y por la generación de materias primas para otras actividades productivas. Con la producción de cacao se obtiene materia prima para la elaboración de chocolate artesanal, que es elaborado por mujeres, generando fuentes de empleo locales que les permiten obtener ingresos adicionales que son utilizados para generar diversidad de productos con lo que se contribuye a mejorar las condiciones de calidad de vida de la población, mejorando aspectos de salud y la nutrición de las poblaciones rurales, así mismo da territorialidad, estabilidad rural, educación y conocimientos, y en las condiciones de trabajo con los SAF los productores rinden más al no exponerse en su totalidad al sol, por considerarse cultivos bajo sombra.

El cultivo de cacao es considerado una alternativa para el desarrollo rural sustentable de esta comunidad Chinanteca, ya que no solo permite la inclusión de mujeres con su participación y liderazgo en estas actividades sino también pone en equilibrio las necesidades sociales y la protección del medio ambiente.

Agradecimientos

A la comunidad de San Martín Soyolapam, y en especial a cada uno de los integrantes del grupo de productores de chocolate. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), así como al apoyo económico del Instituto Politécnico Nacional, otorgado a través del proyecto SIP 20221166, y a la Beca de Estímulo Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI).

Referencias Citadas

- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria CEDRSSA. (2020). Industria del cacao en México. Estudios Rurales y Asesoría Campesina A.C. (2022). Cacao agroforestal. Recuperado el 22 de noviembre de 2022 de <https://www.era-mx.org/cacao>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía Oaxaca INEGI (2020). Recuperado el 27 de octubre de 2021. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>
- Plan Municipal de Desarrollo (2011-2013). Santiago Comaltepec. Recuperado el 27 de octubre de 2021. https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/08_10/458.pdf
- Plan Municipal de Desarrollo (2020-2021). Santiago Comaltepec. Recuperado el 27 de octubre de 2021.
- Rojas, E. (2020). Cacao Ecológico y los Sistemas de Producción Agroforestal. <https://cakawa.com/cacao-ecologico-y-los-sistemas-de-produccion-agroforestal/>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Sistemas Agroforestales, alternativa multifuncional de vida. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sistemas-agroforestales-alternativa-multifuncional-de-vida?idiom=es>
- Trejo I. (2004). Clima. Página 67-85. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M.A. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.605.

Virus del arrugamiento foliar en *Phaseolus vulgaris* L.

Yolanda Isabel Escalante-Estrada^{1,*}, J. Alberto S. Escalante-Estrada², Luis Daniel Samper-Escalante³

Resumen. El cultivo del frijol es de importancia económica y alimentaria para la población mexicana, la presencia de enfermedades reduce sus rendimientos ocasionando pérdidas económicas. Esta investigación se realizó en tres parcelas de frijol elegidas al azar en Tixtla, Guerrero con objetivos de identificar el insecto plaga, describir la infección viral y el virus que la produce. Se efectuaron revisiones en las parcelas con un diseño completamente al azar para detectar las plantas enfermas y vectores. En cada parcela se revisaron cien plantas con un procedimiento en zigzag. Los síntomas en plantas enfermas fueron deformaciones foliares severas, amarillamiento foliar y malformaciones de vainas, hubo presencia de fumagina (*Capnodium* sp) en hojas. El patógeno se identificó como el virus del arrugamiento foliar del frijol (Bean leaf crumple virus = BLCrV) del género Begomovirus familia Geminiviridae. Las partículas poseen una simetría icosaedral, compuesto de DNA. Los vectores de este virus fueron las mosquitas blancas, se detectaron abundantes en los cultivos de frijol. Las características morfológicas correspondieron a Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), son insectos que miden de 1 a 2 mm, propagan el virus en forma rápida y eficiente. La incidencia de virosis en la parcela 1 fue del 8%, en la 2 del 26% y en la 3 del 40%, con promedio de afectación del 25%.

Palabras clave: Virosis, Frijol, Mosquita Blanca.

Abstract. The cultivation of beans is of economic and nutritional importance for the Mexican population. However, the presence of diseases reduces their yields, causing economic losses. This research was carried out in three randomly selected bean plots in Tixtla, Guerrero, with the objective of identifying the pest insect, describing the viral infection, and determining the virus responsible for it. Checks were conducted in the plots using a completely random design to detect diseased plants and vectors. In each plot, a zigzag procedure was used to examine one hundred plants. The symptoms observed in diseased plants included severe leaf deformations, leaf yellowing, pod malformations, and the presence of sooty mold (*Capnodium* sp) on leaves. The pathogen responsible for the infection was identified as the bean leaf crumple virus (Bean leaf crumple virus = BLCrV) of the genus Begomovirus in the family Geminiviridae. The viral particles possess an icosahedral symmetry and are composed of DNA. The vectors of this virus were white mosquitoes, which were abundant in bean crops. The morphological characteristics of the vectors corresponded to Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), insects that measure 1 to 2 mm and spread the virus quickly and efficiently. The incidence of the virus was found to be 8% in plot 1, 26% in plot 2, and 40% in plot 3, with an average infection rate of 25%.

Keywords: Virosis, Bean, Whitefly.

¹Instituto de Investigación de Científica Área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero, México.

²Postgrado en Botánica Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Estado de México, México.

³Escuela de Graduados e Innovación. Tecnológico de Monterrey Campus Puebla, Puebla, México.

*Autor para la correspondencia: y_escalante@yahoo.com.mx

1. Introducción

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la familia Fabaceae es de importancia económica y alimentaria para la población mexicana (Hernández et al., 1979), la presencia de enfermedades reduce sus rendimientos ocasionando pérdidas económicas considerables. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) es una plaga importante que causa grandes daños directos e indirectos en varios cultivos (Brown, 1990). En América Latina ha provocado devastaciones, las situaciones más críticas se han presentado en México, Centro América, el Caribe, Venezuela, Argentina y Brasil (Morales, 2001). En 2002 se presentaron brotes de Begomovirus, con carácter epidémico, en frijol habichuela en los municipios de Colombia al que se llamó Virus del Arrugamiento Foliar del Frijol (VAFF) debido a que las hojas presentan un arrugamiento foliar severo y amarillamiento moderado (Morales et al., 2002). Este virus se presentó con una incidencia superior al 80% lo cual no tuvo precedentes en la historia de ese país. La emergencia de este Begomovirus es de gran importancia económica, dado el gran potencial patogénico de este grupo de virus. Existen antecedentes de la presencia de la mosquita blanca atacando cultivos hortícolas de México en los estados de Aguascalientes, Durango y Zacatecas, con plantas infectadas por virus transmitidos por *B. tabaci*. Acosta (1989) en sus estudios indica que el mayor número de adultos de esta mosquita emerge del caparazón pupal entre las seis y las 12 horas de la mañana, pocos adultos emergen durante la tarde y ninguno en la noche. La reproducción de *Bemisia tabaci* es básicamente sexual, aunque hembras no fecundadas pueden tener descendencia en forma partenogenética. La mosquita blanca ocasiona la transmisión de enfermedades virósicas, succión de savia y excreción de mielecilla causando disminución en el rendimiento y calidad de las cosechas en diferentes hortalizas (González et al., 2006), principalmente en el cultivo de tomate. En el Estado de Guerrero se ha reportado la presencia de este insecto plaga afectando cultivos de tomate, jitomate, chile, calabaza entre otros (SIAP, 2016). La presente investigación se realizó en parcelas de frijol elegidas al azar en la zona agrícola de Tixtla, Guerrero, para identificar el insecto plaga, describir la infección viral y el virus que la produce.

2. Materiales y Métodos

El municipio de Tixtla se encuentra ubicado en los paralelos 17°20' y 17°43' de latitud norte y en los meridianos 99°15' y 99°28' de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich (Figura 1).



Figura 1. Localización del municipio de Tixtla, Guerrero, México.

Se seleccionaron al azar tres parcelas, en ellas se efectuaron revisiones en toda la extensión de las mismas para detectar las plantas enfermas y la presencia de vectores. En cada una de las parcelas se procedió a determinar la incidencia de la enfermedad manifestada. La incidencia se obtuvo con la revisión de 4 o más surcos elegidos al azar, hasta completar 100 plantas entre sanas y enfermas. La distribución de las plantas enfermas en las parcelas fue completamente al azar (Figura 1).

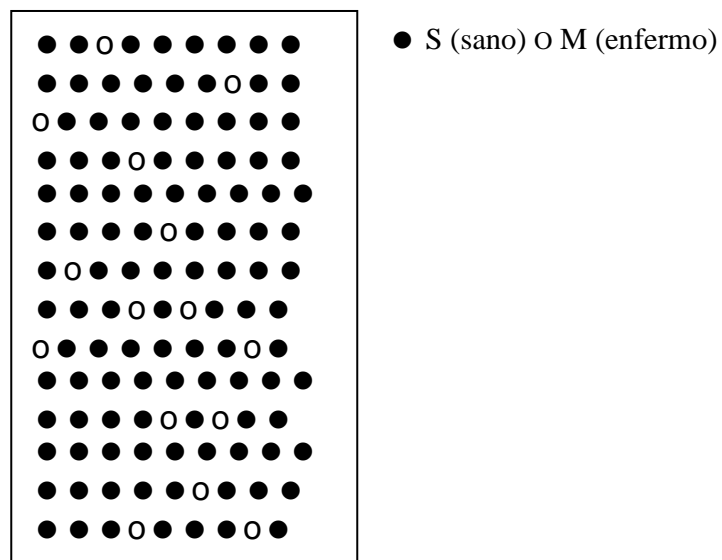


Figura 1. Plantas infestadas de la mosquita blanca *Bemisia tabaci*.

3. Resultados y Discusión

El principal síntoma es la deformación foliar severa. En algunas plantas también se manifiesta un amarillamiento foliar (Figura 2).



Figura 2. Deformaciones foliares severas, amarillamiento foliar producido por el virus del arrugamiento foliar del frijol.

Las vainas permanecen subdesarrolladas y malformadas, lo que constituye la principal pérdida económica. El agente que ocasionó estos síntomas se determinó que fue el virus del arrugamiento foliar del frijol (Bean leaf crumple virus = BLCrV) del género Begomovirus familia Geminiviridae. Está reportado que las partículas de este virus poseen una simetría icosaedral, el genoma es único, fijo, cerrado, circular, compuesto de DNA. La mosquita blanca es un insecto chupador del Orden Homóptera, perteneciente a la Familia Cicadellidae, de amplia distribución mundial, el daño que este insecto ocasiona puede ser de tres tipos: por succión directa, por transmisión de virus y por excreciones azucaradas. Esta plaga se considera factor limitante en la producción hortícola debido a las elevadas poblaciones que se desarrollan cuando las condiciones ambientales son favorables. La mosca blanca al dejar sobre las hojas de frijol sustancias azucaradas le ocasiona daños colaterales por el desarrollo de un hongo fitopatógeno llamado comúnmente fumagina (*Capnodium sp*) que crece sobre ellas en la superficie de las hojas, se observa como manchas de color negro lo cual impide que se realice adecuadamente la fotosíntesis en detrimento del desarrollo normal de la planta (Figura 3).



Figura 3. A) Planta que muestra hojas pobladas de la mosquita blanca, B) Hojas con presencia de fumagina (*Capnodium sp*).

Las plantas de frijol en las parcelas tuvieron el síntoma de arrugamiento foliar causado por el virus transmitido por la mosquita blanca (Figura 4). Esta investigación coincide con Brown (1990) respecto a que la mosca blanca es una plaga que causa grandes daños directos e indirectos en los cultivos. De igual forma que González et al. (2006), se encontró que la mosquita blanca ocasiona la transmisión de enfermedades virosas, la succión de la savia de las plantas y excreción de mielecilla causando disminución en el rendimiento y calidad de las cosechas. Se está de acuerdo con Morales (2001) en que este insecto provoca situaciones críticas en México, ya que, en las parcelas de Tixtla, Gro. Se tuvo el 25% de plantas afectadas. Se concuerda con este autor con los síntomas producidos por el Virus del Arrugamiento Foliar del Frijol (VAFF) detectado en Colombia, cuyas características sintomáticas fueron semejantes en las plantas de frijol de las parcelas que se muestrearon en esta investigación. Se coincide con lo que Acosta (1989) reportó en sus estudios ya que se encontraron las mosquitas blancas en abundancia en la mañana, cuya población iba disminuyendo conforme el día avanzaba y el calor se hacía más intenso.

Morales (2001) reportó que para el control de *B. tabaci* se han empleado insecticidas, lo cual no ha sido efectivo para evitar la transmisión de estos virus. Esta actividad ha ocasionado la eliminación de enemigos naturales de *B. tabaci*, así como un rápido desarrollo de la resistencia a los insecticidas en esta mosca blanca y un desarrollo de epidemias a gran escala por los geminivirus que ella transmite. El manejo que se ha dado a este problema es el desarrollo de variedades resistentes a la enfermedad en el manejo integrado de la mosca blanca. Dentro de este manejo también se usan barreras físicas, como mallas antimosca blanca, barreras vivas o cultivos trampa, trampas pegajosas, manejo de densidad de siembra y fechas de siembra entre otros más (Avilés, et al. 2004). La incidencia de virosis varió en parcelas del 8, 26 y 40%, con promedio del 25% (Figura 5).



Figura 4. A) Plantas con síntomas de amarillamiento causado por la mosca blanca, B) Afectación de plantas de frijol por el Virus del arrugamiento foliar del frijol.

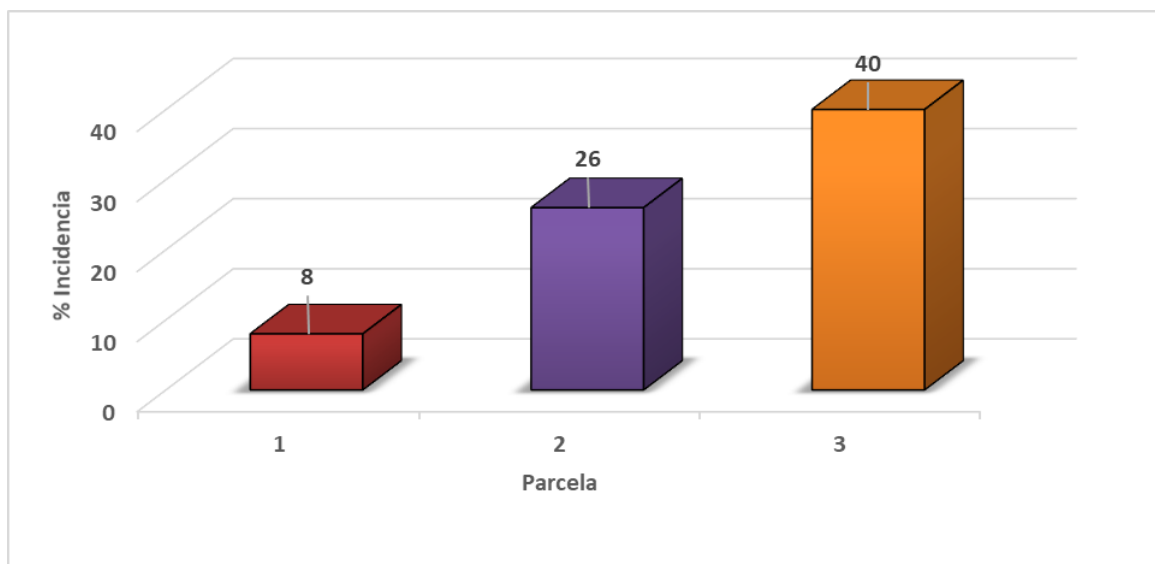


Figura 5. Incidencia (%) del virus del arrugamiento foliar del frijol (*Bean leaf crumple virus* = BLCrV) transmitido por *Bemisia tabaci* en cultivos de frijol ejotero en Tixtla, Guerrero.

4. Conclusiones

La mosquita blanca *Bemisia tabaci* Genn se encuentra en las parcelas de frijol de Tixtla, Guerrero, México. El agente que ocasionó los síntomas de la virosis en las plantas fue el virus del arrugamiento foliar del frijol (Bean leaf crumple virus = BLCrV) del género Begomovirus familia Geminiviridae. Los síntomas observados fueron deformación foliar, amarillamiento de las hojas y malformaciones de vainas. Un daño colateral ocasionado por la mielecilla liberada por la mosquita blanca en las hojas estuvo con la presencia del hongo conocido como fumagina (*Capnodium* sp). La incidencia de la virosis en las parcelas fue del 8, 26 y 40%, con promedio del 25%. Se han recomendado a los agricultores un manejo integrado de la plaga para el control de los virus que transmite en las plantas.

Referencias Citadas

- Acosta, L. R. (1989). Ecología de Virus Transmisibles por Mosquita Blanca en Frijol en el Trópico Mexicano. In: Ecología de Insectos Vectores de Virus en Plantas Cultivadas. Acosta L. R. y F. Delgadillo S. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. 112p.
- Avilés, G. M. C., Nava, C. U., Garzón, T. J. A., Wong, P. J. J., & Pérez, V. J. J. (2004). Manejo integrado de la mosquita blanca (*Bemisia* spp.), en tomate para consumo fresco. Folleto técnico No. 28. INIFAP-CIRNO, Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México. 76p.
- Brown, J. K. (1990). An update on the whitefly-transmitted geminivirus in the Americas and the Caribbean basin. *FAO Plant Protection Bulletin*, 39: 5-23.
- González, A. A., Elio, P. N., Galván, P. B., González, C. A., & Gonzalez, C. J. C. (2006). Extractos vegetales y aceites minerales como alternativa de control de mosca blanca (*Bemisia* spp.) en berenjena (*Solanum melongena* L.) en valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista UDO Agrícola*, 6:84-94.
- Hernández, X. F., Ramos, R., & Martínez, M. A. (1979). Etnobotánica. En: Contribución al Conocimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. M. E. Engleman eds.
- Morales, F. J. (2001). Conventional breeding for resistance to *Bemisia tabaci*-transmitted geminiviruses. *Crop Protection*, 20: 825-834.
- Morales, F. J., Muñoz, C., Castaño, M., & Velasco, A. C. (2002). Geminivirus transmitidos por mosca blanca en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 24: 95-98.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. Publicado en: <http://www.siap.gob.mx>.

Aislados del género *Trichoderma* contra fitopatógenos del cultivo de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.)

Blanca Elvira López-Valenzuela^{1,*}, Luis Fernando Medina-Trevedán¹, Edgar Valenzuela-Cuadras¹, Fernando Alberto Valenzuela-Escoboza¹, Celia Selene Romero-Félix¹, Quintin Armando Ayala-Armenta¹, Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez², Florinda García-Pérez³

Resumen. En este trabajo se realizó el aislamiento de hongos benéficos del género *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos que causan enfermedades en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Todos los aislados obtenidos fueron identificados mediante claves morfológicas. Los fitopatógenos se confrontaron *in vitro* con la técnica de cultivo dual en dos ensayos, uno frente a cinco cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa y otro frente a nueve cepas provenientes del estado de Oaxaca, con el objetivo de evaluar su capacidad antagonista según el Porcentaje de Inhibición de Crecimiento Radial (PICR) y la escala reportada por Bell et al. (1982). La identificación morfológica a nivel género de los tres fitopatógenos aislados confirmaron la identidad de *Pestalotia* sp., *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp., de igual manera en los hongos benéficos se confirmó la identidad del género *Trichoderma* spp. En el ensayo con *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa, el mayor valor de PICR contra *Pestalotia* sp. fue obtenido por T5 (85.6); sobre *Alternaria* sp. el mayor fue T5 (90.2); y el más alto valor contra *Cladosporium* sp. lo obtuvo T3 (77.8); en el ensayo con *Trichoderma* spp. nativas de Oaxaca; contra *Pestalotia* sp. el mayor valor fue de TE (78.2) y TA (77.9), contra *Alternaria* sp. lo obtuvieron TC (80.4) y TK (79.8) y contra *Cladosporium* sp. el mayor valor de PICR lo obtuvo TJ (84.7) (ANOVA y Tukey= $p \geq 0.05$). Todas las cepas evaluadas mostraron Clases 1 y 2 de capacidad antagonista contra los fitopatógenos (valores 1.0 a 2.5), según la escala de Bell et al. (1982). Los resultados demuestran que estas cepas de *Trichoderma* spp. tienen potencial para ser evaluadas como producto biotecnológico en invernadero o campo contra fitopatógenos que atacan al cultivo de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.).

Palabras clave: Antagonistas, Cultivo Dual, Identificación Morfológica.

Abstract. In this work, the isolation of beneficial fungi of the genus *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi that cause diseases in blueberry crops (*Vaccinium corymbosum*). All the isolates obtained were identified using morphological keys. Phytopathogens were confronted *in vitro* with the dual culture technique in two assays, one against five strains of *Trichoderma* spp. native to northern Sinaloa and another against nine strains from the state of Oaxaca, with the aim of evaluating their antagonistic capacity according to the Radial Growth Inhibition Percentage (RGIP) and the scale reported by Bell et al. (1982). The morphological identification at the genus level of the three isolated phytopathogens confirmed the identity of *Pestalotia* sp., *Alternaria* sp. and *Cladosporium* sp., in the same way in the beneficial fungi the identity of the genus *Trichoderma* spp. In the trial with *Trichoderma* spp. native to northern Sinaloa, the highest RGIP value against *Pestalotia* sp. was obtained by T5 (85.6); on *Alternaria* sp. the highest value was T5 (90.2); and the highest value against *Cladosporium* sp. it was obtained by T3 (77.8); in the trial with *Trichoderma* spp. native from Oaxaca; against *Pestalotia* sp. the highest value was TE (78.2) and TA (77.9), against *Alternaria* sp. it was obtained by TC (80.4) and TK (79.8) and against *Cladosporium* sp. the value highest RGIP was obtained by TJ (84.7) (ANOVA and Tukey= $p \geq 0.05$).

¹Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, México.

²CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Sinaloa, Mexico.

³Universidad Novauniversitas Oaxaca, Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: blancavzla.18@uas.edu.mx

All the strains evaluated showed Classes 1 and 2 of antagonistic capacity against phytopathogens (values 1.0 to 2.5), according to the scale of Bell et al. (1982). The results demonstrate that these strains of *Trichoderma* spp. They have the potential to be evaluated as a biotechnological product in the greenhouse or in the field against phytopathogens that attack the blueberry crop.

Keywords: Antagonists, Dual Culture, Morphological Identification.

1. Introducción

La producción total de Berries en México es de 51,518 t, la zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) representa el 49%, seguido de fresa (*Fragaria* sp.) con 34.94 %, frambuesa (*Rubus idaeus*) con 8.4% y Arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) con 7.64% (Luna, 2016). El estado de Sinaloa se encuentra en la posición número tres de los estados con mayor producción de arándano del país con un volumen de producción de 4,987 toneladas, debajo de Jalisco como primer lugar, seguido de Michoacán como segundo (SIAP, 2021). El género *Vaccinium* incluye más de 450 especies, que crecen de forma silvestre en casi totalidad de las regiones frías del hemisferio norte (García et al., 2013). Según Morales (2017), la variedad Biloxi requiere un mínimo de 400 horas frío, la producción es temprana y ocurre madura, por lo que puede ser afectada por heladas. El fruto tiene un tamaño mediano, de color azul claro, muy firme, de sabor excelente y la planta es de hábito de crecimiento erecto, vigorosa y productiva.

Los hongos fitopatógenos reportados en el cultivo de arándano son *Alternaria* sp., *Curvularia* sp. *Botrytis* sp., *Microsphaera vaccinii*, *Phomopsis vaccinii*, *Stemphyllium* sp., entre otros (Mondragón et al., 2012). Para controlarlos se utilizan hongos del género *Trichoderma* los cuales poseen cualidades y beneficios para las plantas como biocontrol de enfermedades causadas por patógenos fúngicos del suelo. Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos produciendo metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas atribuidas a los cambios estructurales vía celular como vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis, encontrados en los organismos con los que interactúan (Ezziyyani et al., 2004). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue el aislamiento e identificación de fitopatógenos que atacan al cultivo de arándano y evaluar la capacidad antagonista de cepas de *Trichoderma* spp. a nivel *in vitro* contra los fitopatógenos.

2. Materiales y Métodos

Se colectaron muestras de tejidos con sintomatología de daño en plantas de arándano variedad Biloxi en hojas y frutos. Realizándose el aislamiento en laboratorio, bajo campana de flujo laminar y se resguardaron los aislados en medio de cultivo específico. Estas muestras se obtuvieron de distintos lotes de productores cooperantes correspondientes al norte del estado de Sinaloa y en la unidad experimental y demostrativa de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa FAVF-UAS. Se identificaron las estructuras morfológicas de los aislados fitopatógenos obtenidos mediante las claves de Barnett y Hunter (1998).

Los aislados de *Trichoderma* spp. nativos del norte de Sinaloa, se obtuvieron de la rizosfera de diversos cultivos establecidos en los municipios de Ahome y Guasave (datos reportados por López-Valenzuela et al. 2015). De igual manera, a través de muestras de la rizosfera de aguacate provenientes del estado de Oaxaca, se aislaron nueve cepas de *Trichoderma* spp. obtenidos con la técnica de

Papavizas y Davey (1959). Se identificaron las estructuras morfológicas de los aislados obtenidos usando las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1972).

La prueba de antagonismo se desarrolló con cinco cepas de *Trichoderma*: T5, T4, T6, T3 y T7 (*Trichoderma* spp. = identificación morfológica a nivel género-datos sin reportar). La prueba de antagonismo se realizó contra *Pestalotia* sp., *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp. por confrontación dual (Chérif y Benhamou, 1990) donde se evaluó la competencia por espacio y nutrientes. La evaluación se realizó según la técnica de Reyes et al. (2008), se midió el crecimiento de cada microorganismo durante los días 1, 3, 5, 7 y 10 con un Vernier (TRUPER®). Los Porcentajes de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR) fueron medidos utilizando la fórmula de Ezziyyani et al. (2004). La clasificación antagónica de las cepas se realizó a los 10 días de crecimiento en las cajas Petri, utilizando la escala de capacidad antagónica *in vitro* para *Trichoderma* spp. de Bell et al. (1982).

En la prueba de PICR, en el primer ensayo se evaluaron 15 tratamientos correspondientes a cinco cepas de *Trichoderma* contra los tres fitopatógenos aislados, en el segundo ensayo se evaluaron 27 tratamientos que constaron de nueve cepas de *Trichoderma* contra los tres fitopatógenos, ambos experimentos se basaron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. En cada ensayo, cada repetición consistió en una caja Petri con un total de 60 unidades experimentales (UE) y 108 UE respectivamente. Los resultados se sometieron a un ANOVA y comparación de medias de Tukey ($p \geq 0.05$) en el SAS (software versión 9.4, 2004)., posteriormente, se transformaron con la escala de capacidad antagónica de Bell et al. (1982) y fueron sometidos a un análisis de varianza no paramétrico utilizando el el mismo software (SAS, 2004).

3. Resultados y Discusión

La identificación morfológica a nivel género de los tres fitopatógenos aislados confirmaron la identidad de *Pestalotia* sp., *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp., de igual manera en los hongos antagonistas se confirmó la identidad del género *Trichoderma* spp. en todos los aislados. En cuanto a los resultados del PICR del primer ensayo a los 10 días en cultivo dual de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa contra los fitopatógenos obtuvimos: en *Pestalotia* sp. el valor más alto lo obtuvieron las cepas T5 (85.6 %) y T3 (83.7 %); sin diferencia significativa entre ellas, pero si con el resto de cepas evaluadas ($p \geq 0.05$); en *Alternaria* spp. los valores por cepa obtenidos de mayor a menor correspondieron a: T5 (90.2%), T7 (89.6%), T3 (88.7%), T6 (88.2%) y T4 (87.8%), sin diferencias significativas entre sí ($p \geq 0.05$); y en *Cladosporium* sp. el valor más alto lo obtuvo la cepa T3 (77.8%) presentando diferencia significativa con el resto de las cepas ($p \geq 0.05$). En los resultados del PICR del segundo ensayo a los 10 días en cultivo dual de *Trichoderma* spp. nativas del estado de Oaxaca contra los fitopatógenos: contra *Pestalotia* sp. el mayor valor lo obtuvieron TE (78.2%) y TA (77.9%) sin diferencia significativa entre ellas, pero si con el resto de tratamientos ($p \geq 0.05$), contra *Alternaria* sp. lo obtuvo TC (80.4%) y TK (79.8%) sin diferencia significativa entre ellas, pero si entre los demás cepas ($p \geq 0.05$) y contra *Cladosporium* sp. el mayor PICR lo obtuvo TJ (84.7%), seguido de TK y TL con valores de 82.4% y 81.5% respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas y si con el resto de los tratamientos analizados ($p \geq 0.05$). Todas las cepas evaluadas en ambos ensayos mostraron Clases 1 y 2 de capacidad antagónica contra los fitopatógenos (valores 1.0 a 2.5), según la escala de Bell et al. (1982). Los resultados coinciden con Zuñiga-Mendoza et al. (2017) donde el PICR fue de 17.4% frente a *Sclerotium rolfsii* y 22.2% contra *S. cepivorum* a los 3 y 5 días, respectivamente. *Trichoderma harzianum* obtuvo el grado 1 de antagonismo sobre *S. cepivorum* y grado 2 contra *S.*

rolfsii, en la escala. Lo que garantiza que estas cepas poseen características significativas por su elevada velocidad de crecimiento y buena competencia por espacio y nutrientes a nivel *in vitro*.

4. Conclusiones

Las cinco cepas de *Trichoderma* spp. nativas del norte de Sinaloa evaluadas (T5, T6, T7, T4 y T3) así como siete de las nueve cepas de *Trichoderma* spp. nativas del estado de Oaxaca (TE, TA, TC, TK, TJ y TL) son potenciales para futuras evaluaciones en el control biológico de enfermedades; por su alta capacidad antagonista presentada contra fitopatógenos a nivel *in vitro*; por lo tanto, se concluye que estas cepas podrían ser una alternativa promisorio evaluándose bajo condiciones de invernadero o campo abierto en el cultivo de arándano aplicándose como biocontrol de fitopatógenos con la ventaja de ser una alternativa sustentable para el medio ambiente.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por el apoyo del recurso PROFAPI y al CONAHCYT como miembro del SNI por el estímulo para realizar investigación.

Referencias Citadas

- Bell, D., Well, H., & Markham, C. (1982). "In vitro" antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72: 379-382.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 3th. Ed. Minneapolis: Burgess Publishing Company. Minneapolis. 241p.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4a. Ed. American Phytopathology Society, MN. 217p.
- Chérif, S. S., & Benhamou, C. S. (1990). Cytochemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of a *Trichoderma* spp., on *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radices lycopersici*. *Phytopathology*. 80:1406-1414.
- Ezziyyani, M., Pérez, C., Ahmed, S., Requena, M., & Candela, M. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Anales of Biology*, 26: 35-45.
- García, R. J. C., García, G. G., & Cordia, A. M. (2013). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA*. 2: 5-8.
- López-Valenzuela, B. E., Armenta Bojorquez, A. D., Hernández-Verdugo, S., Apodaca-Sánchez, M. A., Samaniego-Gaxiola, J. A., Leyva-Madrigal, V., & Ortiz-Valdez, A. (2015). Selección *in vitro* e identificación de aislados de *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. nativos para el control de *Phymatotrichopsis omnivora*. *ITEA*. 111: 310-325.
- Luna, R. (2016). Diagnóstico de la producción de zarzamora (*Rubus* sp.) en la zona centro de Veracruz, México. *Agro Productividad*, 34-38.
- Mondragón, F. A., López, M. J., Ochoa, A. S., & Gutiérrez, C. M. (2012). Hongos asociados a la parte aérea del Arándano en Los Reyes, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 30:141-144.
- Morales, A. C. (2017). *Manual de manejo agronomico del arándano*. INIA, 14p.
- Papavizas, G. C., & Davey, Ch. B. (1959). Evaluation of various media and antimicrobial agents for isolation of soil fungi. *Soil Science*, 88: 112-117.
- Reyes, Y., Martínez, B., & Infante, D. (2008). Evaluación de la actividad antagonista de trece aislamientos de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia* sp. *Revista de Protección Vegetal*, 23: 112-117.

- SAS. (2004). Statistical Analysis System version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, USA.
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario 2021. Primera Edición 2021. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2021.
- Zuñiga-Mendoza, E., & Ceja-Torres, L. F. (2017). Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium cepivorum* Berk. y *S. rolfsii* Sacc., agentes causales de la pudrición en cebolla. *Phyton*, 86: 7-13.





Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología AC

ISSN 2954-4092