



Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología 2021

**Vera-Reyes Ileana
Landro-Valenzuela Nadia
Alonso-Hernández Nancy
Granados-Echegoyen Carlos**

2021

Ciencias Agronómicas

Aplicadas y Biotecnología

“Sembrando conocimiento, cosechando desarrollo”

Editores

Vera-Reyes Ileana

Landero-Valenzuela Nadia

Alonso-Hernández Nancy

Granados-Echegoyen Carlos

Comité Editorial

Nombre	Institución	Estado/País
Oswaldo Rodríguez Flores	Universidad Nacional Agraria. Departamento de Protección Agrícola y Forestal	Managua, Nicaragua
Maureen Isabel Leyva Silva	Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri	La Habana, Cuba
Milton Hernández	Grupo Pantaleón Ingenio Monte Rosa S.A.	Chinandega, Nicaragua
Nadia Gómez Domínguez	Laboratorios reproductores y comercializadores de agentes de control Biológico en México	Ciudad Victoria, Tamaulipas, México
Gerardo Loera Alvarado	Colegio de Postgraduados	San Luis Potosí, Mexico
Alfonso Alexander Aguilera	Universidad Veracruzana. Facultad de Bioanálisis	Veracruz, México
Sol de Mayo Mejenes López	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná	Chiná, Campeche, México
Esperanza Loera Alvarado	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Morelia, Michoacán, México
Alfonso Luna Cruz		
Carolina Núñez Vázquez		
Francisco Lara Viveros	Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología (SOMUCAAB) A.C.	
Yolanda Rodríguez Pagaza	Centro de Investigación en Química Aplicada	Saltillo, Coahuila, México
Mario Miranda Salcedo	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	
Evert Villanueva Sánchez	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias	Apatzingán, Michoacán, México
	Universidad Autónoma Chapingo. Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal (LANISAF)	Montecillo, Estado de México, México
Rafael Pérez Pacheco	Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca	Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México
Alfonso Vásquez López		
Juan M. Peñaloza Ramírez	Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU)	San Francisco de Campeche, Campeche, México
Juan Carlos Camacho Chab	Universidad Autónoma de Campeche. Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología (DEMAB)	

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

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

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

ISSN 2954 - 4092

Hecho en México

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

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

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

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

Editor: Carlos Granados-Echegoyen / granados.echegoyen@yahoo.com

Edición y formación: Ileana Vera-Reyes, Nadia Landero-Valenzuela, Nancy Alonso Hernández / infosomucaab@gmail.com

Portada: *Membracis mexicana* Guérin-Ménéville, 1829 (Hemiptera: Membracidae)

Fotografía: Carolina Núñez Vázquez

Revista Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, es una publicación revista anual junio de 2021. Editada por la Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología SOMUCAAB A.C. en Manantiales de Morelia #55, Colonia Los Manantiales, C.P. 58188, Morelia, Michoacán de Ocampo, México. R.F.C. MCA190222UM7. Tel.: (951) 170-3994. Editor responsable: 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.

DIRECTORIO
SOCIEDAD MULTIDISCIPLINARIA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS
APLICADAS Y BIOTECNOLOGÍA A.C.

CARLOS GRANADOS ECHEGOYEN

PRESIDENTE

YOLANDA RODRÍGUEZ PAGAZA

VICE PRESIDENTE

ALFONSO LUNA CRUZ

SECRETARIO

ESPERANZA LOERA ALVARADO

TESORERA

ILEANA VERA REYES

VOCAL

GERARDO LOERA ALVARADO

NADIA LANDERO VALENZUELA

NADIA SALOMÉ GÓMEZ DOMÍNGUEZ

SANDRA PÉREZ MIRANDA

CAROLINA NÚÑEZ VÁZQUEZ

COMITÉ DIRECTIVO

COMITÉ EJECUTIVO

Contenido

1	Control biológico por conservación de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano	8
	Miranda-Salcedo Mario Alberto*, Loera-Alvarado Esperanza, Perales-Segovia Catarino	
2	Evaluación de los perfiles cromatográficos de hojas de <i>Turnera diffusa</i> y <i>Moringa oleífera</i>	13
	Espinosa-Velázquez, Gerardo, Vera-Reyes, Ileana, Lucio-Gutiérrez, Juan Ricardo, Waksman-Minsky, Noemi, Álvarez-Román, Rocío, Paniagua-Vega, David*	
3	Evaluación antagónica <i>in vitro</i> de <i>Trichoderma harzianum</i> frente a <i>Fusarium</i> sp. aislamientos de cacahuete (<i>Arachis hypogea</i> L.)	21
	Martínez-Salgado Saira J.*, Andrade-Hoyos Petra, Romero-Arenas Omar, Rivera-Tapia Antonio, Luna-Cruz Alfonso	
4	Efecto del aumento de temperatura en la respiración del suelo de campos agrícolas en cuatro ciénegas, México	27
	Guillen-Cruz Gabriela*, Flores-Rentería Dulce	
5	Aislamiento de bacterias productoras de sideróforos y enzimas fosfatasas de rizósfera en un agroecosistema	31
	Camacho-Chab Juan Carlos*, Cob-Rivera Katia, Pech-Chi Wilian, Chab-Ruiz Antonio, Tun-Che Rodrigo	
6	Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc asistida con extractos de <i>Lippia graveolens</i>, su antagonismo contra hongos fitopatógenos	36
	Merlin-Trujillo Joaquín Antonio, Cerda-García Luis Alfonso, Vera-Reyes Ileana*	
7	Especies endófitas de <i>Trichoderma</i> spp. en el control de <i>Phytophthora cinnamomi</i> .	43
	Andrade-Hoyos Petra*, Silva-Rojas Hilda Victoria, Romero-Arenas Omar	
8	Avances en la identificación autónoma en la agricultura con teléfonos inteligentes	49
	Loera-Alvarado Gerardo*	
9	Efecto de Acibenzolar-s-metil en la síntesis de fenoles en plantas de frijol y su acción en contra de <i>Rhizoctonia solani</i>	53
	Landero-Valenzuela Nadia*, Hernández-García Rosa Isela, Lara-Viveros Francisco Marcelo	
10	Uso de antioxidantes en el secado por liofilización de pulpa de aguacate	58
	Rosas-Flores Nallely*, Saucedo-Veloz Crescenciano, Saucedo-Reyes Daniela	
11	Fijación de nitrógeno y solubilización de fosfato por rizobacterias nativas de caña de azúcar con uso potencial en técnicas de agricultura sostenible	62
	Torres-Solórzano Patricia*, Luna-Cruz Alfonso, Altamirano-Hernández Josué	
12	Control biológico de <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande 1895 (Thisanoptera: Thripidae) en limón mexicano	71
	Miranda-Salcedo Mario Alberto*, Loera-Alvarado Esperanza, Perales-Segovia Catarino	

13 Relación del volumen de frutos de mango con la superficie y el perímetro proyectados sobre imágenes digitales	75
Loera-Alvarado Gerardo*	
14 Comportamiento agronómico en invernadero del chile de agua injertado sobre el portainjerto CM-334	80
Sánchez-Hernández César*, García-Pérez Florinda, Sánchez-Hernández Miguel Ángel, Villanueva-Sánchez Evert, Vicente-Pinacho Aurea Judith	
15 Manejo de fotoperiodo con tres tipos de luz artificial en el cultivo de crisantemo (<i>Chrysanthemum x hortorum</i>), con productores del poblado de Xocotlan Texcoco, Estado de México	84
Suriel Velasco-Velasco*, Miguel Ángel López-Santiago, Julián Hernández-Cruz†, Jesús Alberto Camacho-Montoya, José Merced Mejía-Muñoz, Claudio Flores-Espinosa, Nancy Alonso-Hernández	
16 Diagnóstico y control del barrenador grande de hueso <i>Heilipus lauri</i> (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) en aguacate Hass en la comunidad de Rio Humo, Santiago Textitlán, Oaxaca, México	88
Ezequiel García-Velasco*, Lidia Velasco-Velasco, Julián Osvaldo-Vázquez, Carlos Granados-Echegoyen	
17 Evaluación de tres extractos vegetales para el control de insectos chupadores en el cultivo de chile serrano (<i>Capsicum annuum</i>) en macro túnel	94
Concepción Fierro-Ortíz*, Julia María Zárate-Hernández, David Martínez-Sánchez	

Control biológico por conservación de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano

Miranda-Salcedo Mario Alberto^{1*}

Loera-Alvarado Esperanza²

Perales-Segovia Catarino³

Resumen

En el cultivo de limón mexicano existe un amplio gremio de enemigos naturales que inciden en el control de la plaga de *Diaphorina citri*, responsable de la enfermedad más importante en los cítricos, el Huanglongbing (HLB, Citrus greening disease). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la fluctuación poblacional del psílido, de sus depredadores y parasitoides en dos huertas de limón mexicano con manejo agroecológico y su impacto en el control de este hemíptero. El estudio se realizó en el valle de Apatzingán, Michoacán. Se seleccionaron dos huertas de limón mexicano con un manejo agroecológico, CEVA con 8 años de edad y Crucero de Parícuaro (Cpar) con 4 años. En ambas huertas, el insecto estuvo presente todo el año; en la huerta CEVA se observaron tres picos (julio, enero y mayo). En la huerta CPar sólo se presentó un pico en agosto. En cuanto a la presencia de enemigos naturales, los picos se presentaron de noviembre a febrero, y durante abril, mayo y junio, en el caso de crisopas; enero, febrero y julio, fueron los meses en que se presentaron los picos poblacionales de chinches; las arañas solamente tuvieron un pico poblacional durante febrero.

Palabras clave: Enemigos naturales, crisopas, cítricos.

Introducción

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) es el vector del Huanglongbing (HLB), la enfermedad más importante de los cítricos en el mundo (3). La enfermedad está presente en todos los estados citrícolas del país. En Michoacán se

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP, Km 17 carretera Apatzingán-Cuatro Caminos, C.P. 60781, Tel. 018000882222 ext. 84601.

²CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes Km 18 Carretera Ags-S.L.P.

*Autor para la correspondencia: miranda.marioalberto@inifap.gob.mx

detectó en diciembre de 2010; actualmente está distribuida en todos los municipios con altos picos poblacionales del vector (8). En 2019, SENASICA, apoyó 20,000 ha de cítricos para el control regional de la plaga. Sin embargo, existe un amplio gremio de enemigos naturales que inciden en el control de la plaga (6), los técnicos de la campaña contra el HLB, liberaron en enero de 2020, al parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para el control biológico de la plaga. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la fluctuación poblacional del psílido, de sus depredadores y parasitoides en dos huertas de limón mexicano con manejo agroecológico y su impacto en el control de *D. citri*.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el valle de Apatzingán, Michoacán. Se seleccionaron dos huertas de limón mexicano con un manejo agroecológico, CEVA con 8 años de edad y Crucero de Parácuaro (Cpar) con 4 años. Los muestreos se hicieron de julio de 2018 a febrero de 2020, cada quince días; se seleccionaron (10 árboles de la periferia y 10 en posición diagonal). Se revisó un brote joven por árbol, a una altura de 1.5 m. En cada brote se cuantificó el número de adultos, ninfas y enemigos naturales. El material colectado se revisó con un microscopio estereoscópico y se conservó en alcohol al 70% para su posterior identificación.

Resultados y Discusión

En ambas huertas, *D. citri* estuvo presente todo el año; en la huerta CEVA se observaron tres picos (julio, enero y mayo). Sin embargo, la densidad nunca rebasó el umbral de 1.0 psílido por brote (Fig. 1). En la huerta CPar sólo se presentó un pico en agosto (2.15 psílido/brote); posteriormente, la densidad fue <1 psílido/brote (Fig. 2). Estos resultados difieren con los datos reportados cuando el psílido recién había arribado al valle de Apatzingán, el cual se reportó con 13 ninfas/brote, en noviembre de 2009 (6).

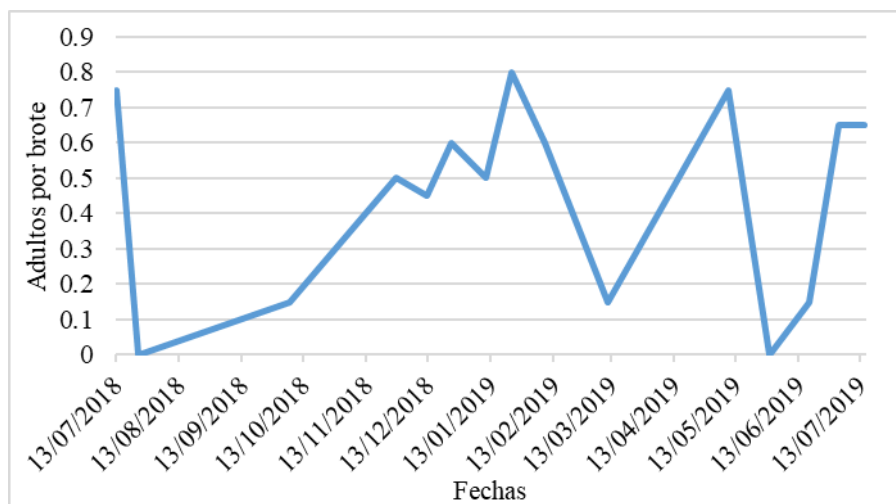


Fig. 1. Fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de Limón Mexicano (huerta CEVA 2020).

Las bajas densidades del psílido en ambas huertas (CEVA 0.44 y CPar 0.53 promedio/brote/año), se debieron al efecto regulatorio que ejercen los enemigos naturales. El parasitismo de *T. radiata* en CEVA fue de 12.95% y en Cpar del 27.74%. En estas huertas no se hacen liberaciones del parasitoide, y al tener pocas aplicaciones químicas, permitieron estos valores del parasitismo natural. Además, se presentó un amplio gremio de enemigos naturales: *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, 1839, *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae); *Stethorus* sp., *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, 1842, *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) (Coleoptera: Coccinellidae), *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Hemiptera: Reduviidae); *Leptotrips* sp. (Thysanoptera: Thripidae) y diferentes especies de arañas (6) (Fig. 3).

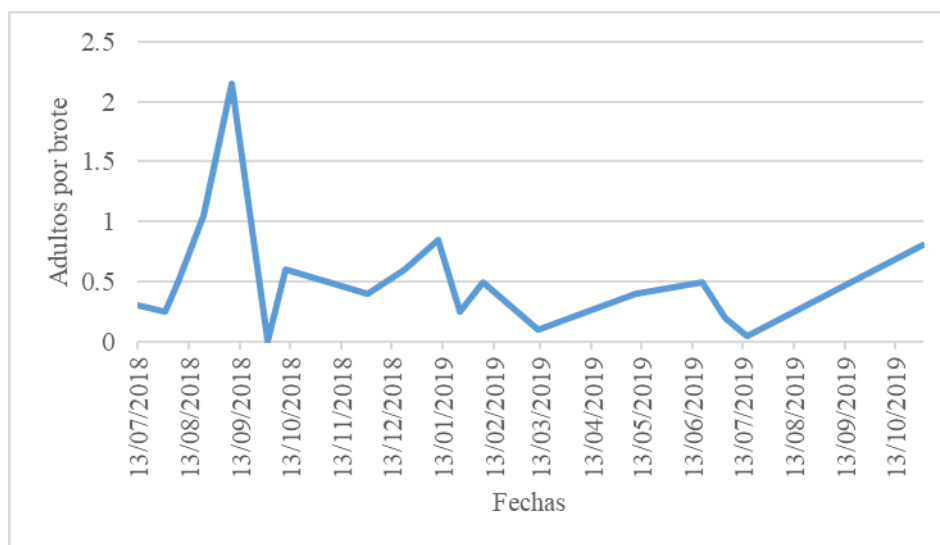


Fig. 2. Fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de Limón Mexicano (huerta Crucero 2019).

En el aspecto biológico, la acción de otros enemigos naturales puede afectar sensiblemente el porcentaje de parasitismo, al competir por recursos o depredar las ninfas parasitadas (interacción competitiva). Al retirar ese efecto restrictivo, se ha detectado un incremento de casi 20 veces, respecto al parasitismo natural (5,7). Michaud (5) menciona que al eliminar a los depredadores las ninfas de *D. citri* pueden incrementar hasta 120 veces el índice de sobrevivencia, por lo que la depredación por si misma pueda ser responsable del 96% de mortalidad de estados inmaduros de *D. citri*. En Yucatán, se han detectado varias especies de enemigos naturales (depredadores y *T. radiata*) que utilizan como recurso a *D. citri* (2).

Finalmente, dado el amplio gremio de enemigos naturales presentes, es posible que se presenten interacciones competitivas por el recurso. Este hecho puede causar un efecto positivo o negativo en la sobrevivencia, crecimiento o fecundidad de las especies que están interactuando (1). En estudios sobre interacciones entre una presa y un depredador, las relaciones competitivas adquieren particular relevancia dentro del contexto del control biológico de plagas (4).

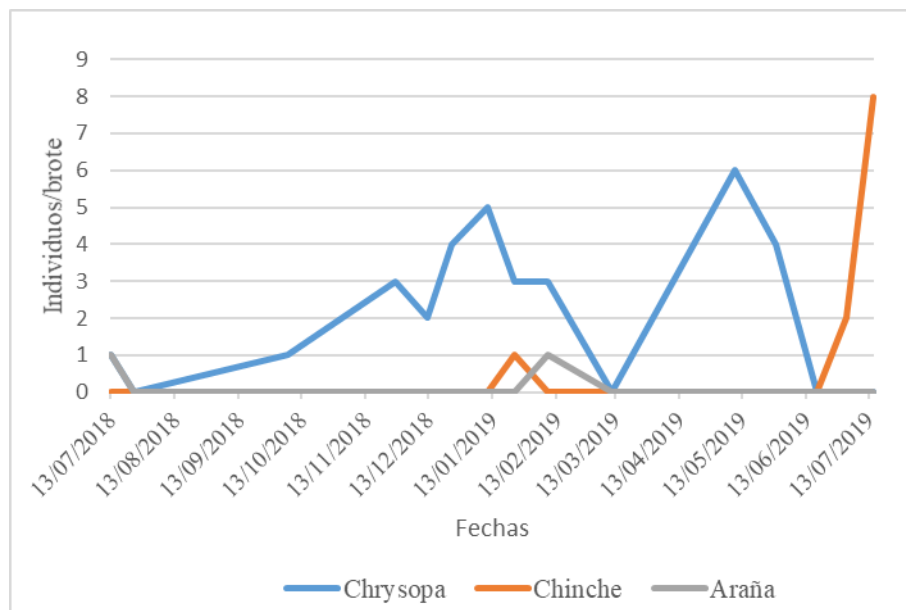


Fig. 3. Fluctuación poblacional de enemigos de *D. citri* (huerta CEVA 2020).

Conclusiones

En ambas huertas, *D. citri*, estuvo presente todo el año; en la huerta CEVA se observaron tres picos (julio, enero y mayo), mientras que en la huerta CPar solo se presentó un pico en agosto (2.15 psílido/brote). En cuanto a la presencia de enemigos naturales, los picos se presentaron de noviembre a febrero, y durante abril, mayo y junio, en el caso de crisopas; enero, febrero y julio, fueron los meses en que se presentaron los picos poblacionales de chinches; las arañas solamente tuvieron un pico poblacional durante febrero.

Referencias Citadas

1. Begon, M. and Mortimer M. (1986). Population Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
2. Cicero, J. L., Lomas C. B., Loeza E. K., Sánchez M. B. y Arredondo H.B. (2017). Control del psílido asiático de los cítricos mediante el parasitoide *Tamarixia radiata* en el sureste de México. Libro Técnico INIFAP 83 p.
3. Halbert, S. E., and Manjunath K. L. (2004). Asian Citrus Psyllid (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus; A literature review and assessment of risk in Florida. Fla. Entomol, 87,330-353.
4. Hawkins, B. A. (2000). Species coexistence in parasitoid communities: does competition matter? pp. 198-213. En Parasitoid Population Biology. M. E. Hochberg & A.R. Ives (Eds.). Princeton University Press. U.S.A, N.J.
5. Michaud, J. P. (2004). Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. Biol. Control, 29, 260-269.
6. Miranda, S. M. A., y J. I. López A. (2009). Ecología del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Michoacán. Memorias XXXII Congr. Nac. de Control Biol., Villahermosa, Mex. 55-59.

7. Qureshi, J.A. and Stansly, P.A. (2009). Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. Biol. Control, 50, 129-136.
8. SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (2020). Estrategia 2017, para la detección y control del HLB y el psílido asiático de los cítricos en México. www.senasica.gob.mx/default.asp? 31 enero 2020

Evaluación de los perfiles cromatográficos de hojas de *Turnera diffusa* y *Moringa oleifera*

Espinosa-Velázquez, Gerardo¹
Vera-Reyes, Ileana²
Lucio-Gutiérrez, Juan Ricardo¹
Waksman-Minsky, Noemi¹
Álvarez-Román, Rocío¹
Paniagua-Vega, David^{1,3*}

Resumen

Moringa oleifera es una especie distribuida en el mundo que goza de amplia aceptación. Así mismo *Turnera diffusa* (Damiana) en México tiene amplia aceptación y uso. En ambas especies, la parte aérea presenta múltiples propiedades de interés en las áreas alimentaria y medicinal. Muchas de estas propiedades son debidas a sus metabolitos secundarios y se han relacionado con su capacidad antioxidante. En este trabajo se evaluaron diferentes sistemas de cromatografía en capa fina con el fin de obtener un perfil cromatográfico de fracciones de *T. diffusa* y *M. oleifera* con la mayor cantidad de señales definidas. Los rendimientos de los extractos hidroalcohólicos fueron de 10.1 ± 0.6 y $19.4 \pm 0.4\%$, respectivamente, y los porcentajes de recuperación de la limpieza de los extractos por extracción en fase sólida fueron de 80.0 ± 1.4 y $89.0 \pm 0.0\%$, respectivamente. El perfil cromatográfico obtenido con la fase móvil 6 presentó las mejores condiciones para ambas fracciones de *T. diffusa* y *M. oleifera* ya que permitió observar 14 y 8 señales a 254 nm y 7 y 7 señales con anisaldehído, respectivamente. El revelado con DPPH evidenció capacidad antioxidante de la mayoría de las señales cromatográficas de las fracciones de ambas plantas.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, *Turnera diffusa*, cromatografía de capa fina, extracción sólido líquido, metabolitos secundarios y capacidad antioxidante.

¹Departamento de Química Analítica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina, 64841, Monterrey Nuevo León, México. 64460.

²CONACyT-Centro de Investigación en Química Aplicada; Blvd. Enrique Reyna Hermosillo No. 140, 25294, Saltillo, Coahuila, México.

³CONACyT- Universidad Autónoma de Nuevo León.

*Autor para la correspondencia: david.paniaguav@uanl.edu.mx

Introducción

La cromatografía en capa fina (TLC, por sus siglas en inglés: Thin-Layer Chromatography) es ampliamente empleada en el control de calidad de extractos de plantas. Permite realizar evaluaciones cualitativas y/o cuantitativas con base a la presencia de un metabolito, un grupo de metabolitos o un perfil de metabolitos (1). En este sentido, la caracterización de los metabolitos secundarios de extractos de plantas, así como el establecimiento de marcadores químicos o el perfil metabólico, continúan siendo una necesidad para su identidad (autenticación), control de calidad y estandarización tanto en forma de materia prima como en sus formas farmacéuticas terminadas. Las plantas *Moringa oleífera* y *Turnera diffusa* presentan múltiples propiedades de interés en las áreas alimentaria y medicinal. Muchas de estas propiedades se deben a su producción de metabolitos secundarios con la capacidad antioxidante.

Turnera como género reporta 143 especies americanas y 2 especies de origen africano (2). *T. diffusa* es la planta más importante de su género con hojas muy variables, fragantes, herbáceas, rizadas, y que además se decoloran posterior a su caída (3). *T. diffusa* es una planta arbustiva de entre 40-100 cm de altura, con hojas de 1.3-2.5 cm de longitud y 0.4-1.0 cm de ancho. Se ha reportado como una planta agradable, aromática y dulce. Además, cuando la planta presenta frutos maduros (cápsula de tres válvulas) pueden medir de 3 a 5 mm de largo, con semillas curvadas, piriformes y de 1.5-2.0 mm de largo que son liberadas de dos a cuatro en etapa madura (3-5). Respecto a la parte aérea de estas plantas se han aislado e identificado diversos aceites esenciales (6). Así como flavonoides glicosilados derivados de luteolina, apigenina, siringetina y laricitina (7,8). Además, se ha reportado la presencia de sesquiterpenos, terpenos, politerpenos, ácidos grasos, y azúcares derivados de la xantina (9).

Por otra parte, el género de *Moringa* se encuentra formado de 13 especies en donde se incluye *M. oleífera*, esta planta puede llegar a medir de 10-12 m de altura, con ramas de 30-60 cm de largo, con hojas compuestas y alternas de 1-3 cm de largo y de 0.3-0.6 cm de ancho, además produce vainas (frutos) colgantes color marrón (10,11). *M. oleífera* produce diversos compuestos de interés nutracéutico y medicinal como: aminoácidos esenciales, β -caroteno, vitamina (A, B, C, E), proteína, azufre, calcio, cobre, fósforo, hierro, potasio, selenio, zinc, antioxidantes (ácido ascórbico, flavonoides, compuestos fenólicos, carotenoides, quercetina, kenferol, etc), fitosterol, ceras, resinas, zeatina, ácido café oilquínico, pterigospermina, entre otros (12).

La huella cromatográfica de un material vegetal puede ser definido como la identificación de tantas señales como sea posible y representa las características químicas de la hierba; y por lo general una muestra con huella dactilar similar a otra muestra tiene propiedades similares.

En resumen, se puede utilizar una huella cromatográfica en la evaluación de su identidad, autenticidad, la consistencia de un lote a otro en un medicamento herbal y también es útil para superar las limitaciones cuando se utilizan pocos compuestos marcadores. Para ello es importante destacar que un método rápido de análisis puede ser la cromatografía en capa fina. La cual permite obtener un perfil de una planta o producto que ayuden a mantener el control de calidad de los extractos.

El objetivo de este trabajo fue establecer un sistema de cromatografía en capa fina que permita obtener un perfil de fracciones de extractos hidroalcohólicos de hojas de *M. oleífera* y *T. diffusa* con la mayor cantidad de señales definidas y verificar su capacidad química antioxidante.

Materiales y Métodos

Reactivos y materiales. Ácido acético glacial, ácido fórmico (Fermont), ácido sulfúrico, cloroformo, metanol grado HPLC (JT Baker), cartuchos de extracción en fase sólida SPE (500 mg, Thermo Scientific™, HyperSep™ C18), placas de sílica gel 60 (Merk KGaA, Darmstadt, Alemania), p-anisaldehído (Fluka), DPPH (TRC, Toronto Research Chemicals Inc., Toronto, Canadá).

Material vegetal. Las hojas de *M. oleifera* se obtuvieron por cultivo en invernadero de mediana tecnología de acuerdo con Álvarez-Román et al. (13) los germinados de 10-15 cm de altura, fueron trasplantadas a bolsas de plástico negras que contenían una mezcla de fertilizante orgánico bokashi – tezontle (roca volcánica) – tierra negra (2:2:6) con un sistema de riego por goteo. Las hojas de *T. diffusa* se colectaron en Montemorelos, N.L. Las hojas secas de ambas plantas fueron molidas, tamizadas (500 µm) y almacenadas. Previo a su uso, fueron colocadas en estufa a 40 °C por 24 h. Para la extracción se pesaron 2.5 g de cada planta y se realizó una extracción doble sucesiva con metanol al 80% en una relación 1:10, primero se sónico por 10 min (BRANSON-1800). Después llevaron a agitación orbital de 120 rpm a 30°C durante 20 min, y finalmente se centrifugó a 2500 rpm durante 10 min para recuperar el sobrenadante. El volumen de los extractos fue reducido a 10 mL, del cual se tomaron 3 alícuotas que se llevaron a peso constante a 80 °C para determinar el rendimiento de extracción (13).

Limpieza de extractos. Los cartuchos de bonasí extracción en fase sólida (SPE) se limpiaron con 3 mL de metanol y se acondicionaron con 3 mL de metanol (85 % v/v). Cada muestra se preparó con 10 mg de extracto crudo y se llevó a 1.5 mL con metanol (85%). La fracción de interés se recuperó de la elución de la muestra seguida de otros 1.5 mL de metanol (85%). Fracciones seleccionadas al azar se utilizaron para determinar el porcentaje de recuperación a peso constante por triplicado.

Cromatografía en capa fina (TLC). Se utilizaron placas de 5 x 10 cm y fueron desarrolladas 8 cm, se evaluaron siete fases móviles que se describen en la tabla 1. En todas las placas cromatográficas fueron aplicados en cada carril 358 µg de las fracciones obtenidas por SPE de *T. diffusa* y de *M. oleifera* (FrT y FrM). Se identificó el número de señales a 254 nm, con el revelador de anisaldehído (0.5 mL en metanol-ácido acético-ácido sulfúrico (85+10+5)) (200 °C/40 s), se calcularon los factores de retención para todas las señales como; $R_f = \text{distancia recorrida por la señal} / \text{distancia recorrida por el solvente}$. Además, otra placa se asperjó con 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine (DPPH) al 0.2% en metanol seguido de 30 min de reposo en oscuridad. Todas las placas se realizaron por duplicado.

Tabla 1. Fases móviles evaluadas con las fracciones por SPE de *Turnera diffusa* y de *Moringa oleifera*.

Nom	Fase móvil	Ti (min)	Referencia
F1	Acetato de etilo-ácido acético-agua (95:5:0.5)	30	(14)
F2	Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (25:1:1:3)	30	(8)
F3	Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (25:1:1:2)	20	Modificado de (8)
F4	Cloroformo-metanol (4:1)	1	(13)
F5	Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (100:11:11:27)	20	(15)
F6	Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (100:11:11:3)	20	Modificado 1 de (15)
F7	Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (100:11:11:3)	20	Modificado 2 de (15)

Nom: Nomenclatura; Ti: Tiempo de saturación de la cámara (min) de soluciones nutritivas.

Las variables medidas fueron: Color de fruto: fue registrado en estado inmaduro y posteriormente cuando los frutos ya no mostraban cambio de color. Peso de fruto: se tomaron al azar 20 frutos de cada chile en estado maduro los cuales fueron pesados en una balanza con precisión 0.01g marca OHAUS® modelo Scout II. Largo, ancho y Grosor de pericarpio: para ello se cosecharon 20 frutos maduros de cada ecotipo medidos con ayuda de un vernier digital con precisión 0.1 mm marca Steren®. Con los valores obtenidos se obtuvo la relación largo/ancho de cada fruto. Para cada variable se aplicó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con el programa SAS versión 9.0.

Resultados y Discusión

El porcentaje de extracción y de recuperación por la limpieza por extracción sólido líquido (SPE) del extracto de *M. oleifera* (Tabla 2) fue similar al reportado por Álvarez-Román et al. (13). La extracción SPE permite eliminar fracciones de compuestos de poco interés como las clorofilas. Además, desde el punto de vista ambiental, destaca que en la mayoría de los procedimientos SPE se utiliza un menor consumo de disolventes.

Tabla 2. Porcentajes de rendimientos de extracción y de recuperación por limpieza por SPE

Plantas	Rendimiento (% p/p)	Recuperación en las fracciones (% p/p)
<i>Turnera diffusa</i>	10.1 ± 0.6	80.0 ± 1.4 (FrT)
<i>Moringa oleifera</i>	19.4 ± 0.4	89.0 ± 0.0 (FrM)

Para la evaluación de los perfiles de las fracciones de *T. diffusa* y de *M. oleifera* obtenidos con las diferentes fases móviles, primero se seleccionaron dos estrategias de revelado, por UV a 254 nm y por revelado con anisaldehído (Figura 1).

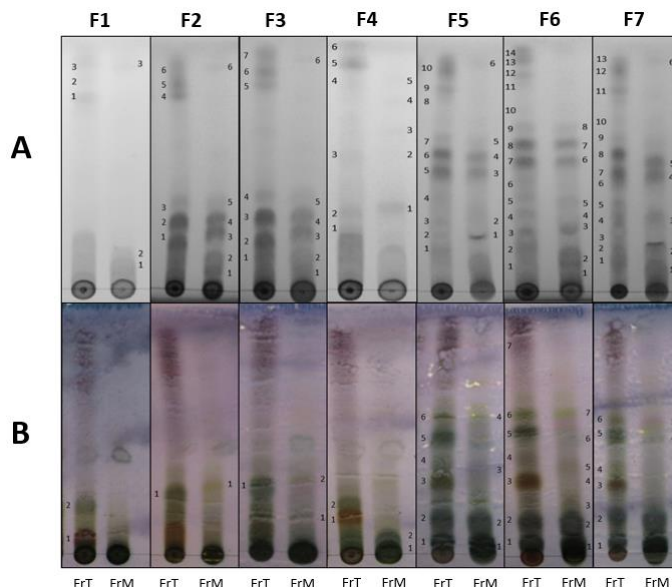


Fig. 1. Perfiles cromatográficos obtenidos con las diferentes fases móviles (F1-F7) a partir de las fracciones de *T. diffusa* (FrT) y *M. oleifera* (FrM). Dónde: (A) UV a 254 nm, (B) revelado con anisaldehído. Las señales observadas fueron numeradas de forma arbitraria desde la línea base y hacia el frente del solvente.

La longitud de onda (λ) de 254 nm puede indicar que la presencia de estructuras aromáticas, heterocíclicas o del tipo pirrol que absorben a esta longitud de onda por la presencia en sus estructuras de dobles enlaces conjugados o aromáticos (16). La tinción con p-anisaldehído es de uso general, y funciona para muchos nucleófilos fuertes y débiles (alcoholes, aminas), así como para muchos aldehídos (por reacciones aldol) y cetonas (por reacciones acetilación).

Para la evaluar los perfiles de ambas fracciones obtenidos por UV a 254 nm y anisaldehído se identificó el número de señales y su Rf. Las señales cromatográficas que se enlistan en la tabla 3 fueron numeradas de forma arbitraria y no son correspondientes entre ellas, pero permiten evaluar la separación durante el desarrollo cromatográfico de cada fase móvil. Buscando así la fase móvil que permita observar mayor número de señales. El perfil cromatográfico obtenido con la fase móvil 6 presentó las mejores condiciones para ambas fracciones de *T. diffusa* y *M. oleifera* ya que permitió observar 14 y 8 señales a 254 nm y 7 y 7 señales con anisaldehído, respectivamente.

Tabla 3. Factores de retención de las señales de las fracciones de *Turnera diffusa* y *Moringa oleifera* con las diferentes fases móviles reveladas con anisaldehído y a 254 nm.

Señal		F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
		UV	R	UV	R	UV	R	UV	R	UV	R	UV	R	UV	R
1	FrT	0.76	0.08	0.19	0.25	0.14	0.27	0.24	0.17	0.17	0.05	0.09	0.14	0.12	0.04
	FrM	0.09	0.19	0.08	0.26	0.08	0.14	0.32	0.05	0.22	0.04	0.07	0.05	0.08	0.04
2	FrT	0.82	-	0.26	-	0.21	-	0.29	0.21	0.22	0.14	0.16	0.23	0.17	0.13
	FrM	0.14	-	0.12	-	0.13	0.27	0.53	0.08	0.28	0.09	0.13	0.12	0.17	0.13
3	FrT	0.86	-	0.34	-	0.29	-	0.53	-	0.28	0.21	0.22	0.36	0.21	0.26
	FrM	0.90	-	0.23	-	0.22	-	0.64	-	0.47	0.23	0.25	0.23	0.29	0.18
4	FrT	-	-	0.78	-	0.38	-	0.83	-	0.38	0.27	0.29	0.50	0.28	0.32
	FrM	-	-	0.29	-	0.28	-	0.75	-	0.54	0.55	0.29	0.36	0.46	0.43
5	FrT	-	-	0.82	-	0.80	-	0.90	-	0.52	0.45	0.36	0.57	0.35	0.51
	FrM	-	-	0.35	-	0.36	-	0.84	-	0.61	0.55	0.35	0.50	0.52	0.48
6	FrT	-	-	0.89	-	0.86	-	0.96	-	0.54	-	0.43	0.63	0.42	0.56
	FrM	-	-	0.89	-	0.93	-	-	-	0.91	-	0.52	0.59	0.92	-
7	FrT	-	-	-	-	0.94	-	-	-	0.61	-	0.52	0.81	0.47	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.63	-	-
8	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	0.76	-	0.57	-	0.54	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.65	-	-	-
9	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	0.81	-	0.64	-	0.59	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	0.89	-	0.71	-	0.67	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.80	-	0.79	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.86	-	0.87	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90	-	0.91	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	FrT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.94	-	-	-
	FrM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Con la finalidad de verificar si las condiciones cromatográficas seleccionadas F6 permiten observar compuestos de interés tanto en la fracción de *T. diffusa* como en la de *M. oleifera*, se realizó una placa comparativa con cuatro estándares. En la Figura 2 A se observa

que los cuatro estándares se localizan en la zona de desarrollo cromatógrafo. En *T. diffusa* se reportó la presencia de naringenina (Rf: 0.97) en una fracción de acetato de etilo a partir de una extracción con acetona al 70% (17). Por otra parte, la rutina (Rf: 0.34) no ha sido identificada por métodos cromatográficos en *T. diffusa* por ello se puede utilizar como un estándar externo (18) o como un indicador de adulteración. Sin embargo, en las condiciones seleccionadas no queda clara la ausencia de rutina. Por otra parte, en *M. oleifera* se reportó la presencia de catequina en (19) y de ácido clorogénico (20) en extractos con metanol.

Debido a que gran parte de las actividades biológicas de los extractos y/o compuestos de interés de *T. diffusa* y *M. oleifera* han sido relacionadas con la capacidad antioxidante, se procedió a revelar con el radical DPPH para verificar si las señales observadas en las condiciones cromatográficas seleccionadas muestran capacidad antioxidante. El revelado con DPPH evidenció capacidad antioxidante de la mayoría de las señales cromatográficas de las fracciones de ambas de plantas (Figura 2 B).

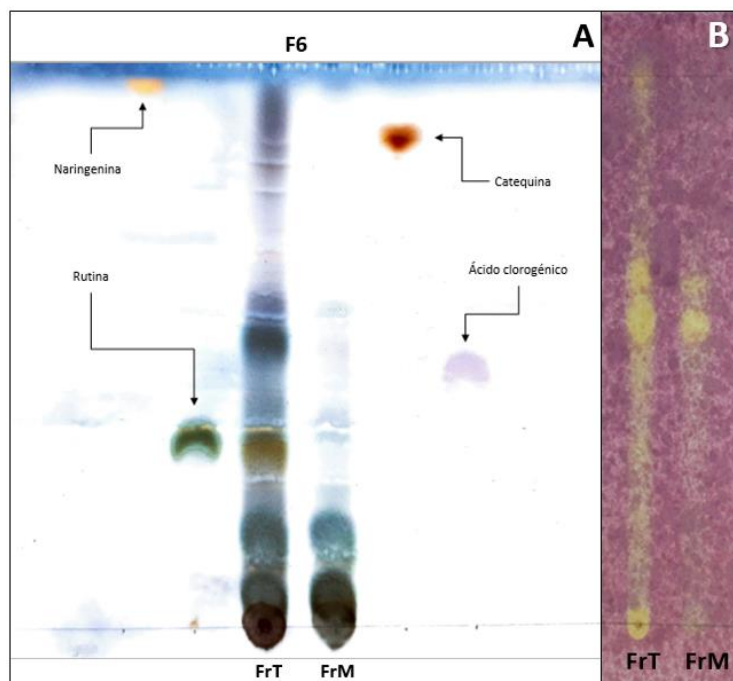


Fig. 2. Placas cromatográficas de las fracciones de *Turnera diffusa* (FrT) y de *Moringa oleifera* (FrM) desarrolladas en la fase móvil seleccionada (F6). Dónde: (A) revelado con anisaldehído e incluye estándares, (B) revelado con DPPH al 0.2 % en metanol.

Conclusiones

La fase móvil acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético-agua (100:11:11:3) (F6) fue el sistema que mayor número de señales permitió observar tanto al UV a 254 nm como con anisaldehído en ambas fracciones de *T. diffusa* y *M. oleifera*. El revelado con DPPH evidenció capacidad antioxidante de la mayoría de las señales cromatográficas de las fracciones de ambas de plantas.

Agradecimientos

G. Espinosa-Velázquez agradece por beca Conacyt 754283, proyecto CB/2016-284813.

Referencias Citadas

1. Mukherjee, P. K. (2019). Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs: Evaluating Natural Products and Traditional Medicine. Elsevier.
2. Rocha, L., Riveiro, P.L., Endress, P.K., Rapini, A., (2019). A brainstorm on the systematics of *Turnera* (Turneraceae, Malpighiales) caused by insights from molecular phylogenetics and morphological evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 137, 44-63.
3. Baez-Parra, K.M., Alcaraz-Melendez, L., Santamaria-Miranda, A., Heredia, J.B., Leon-Felix, J., Muy-Rangel, M.D., Angulo-Escalante, M.A. (2018). Leaf morphology and anatomy of varieties of *Turnera diffusa* var. *diffusa* and *Turnera diffusa* var. *aphrodisiaca* (Ward) Urb. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* 15 (1): 110-116.
4. Meerow, A.W., Ayala-Silva, T., Irish, B.M., (2010). *Turnera diffusa* 'Luisa', a Drought-tolerant Small Shrub for Warm Climates. *HortScience*, 45(12): 1895-1896.
5. Szewczyk, K., Zidorn, C., (2014). Ethnobotany, phytochemistry, and bioactivity of the genus *Turnera* (Passifloraceae) with a focus on damiana - *Turnera diffusa*. *Journal of Ethnopharmacology* 152(3): 424-443.
6. Urbizu-González, A. L., Castillo-Ruiz, O., Martínez-Ávila, G. C. G., Torres-Castillo, J. A. (2017). Natural variability of essential oil and antioxidants in the medicinal plant *Turnera diffusa*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(2), 121-125.
7. Piacente, S., Camargo, E. E., Zampelli, A., Gracioso, J. S., Brito, A. R. S., Pizza, C., Vilegas, W. (2002). Flavonoids and arbutin from *Turnera diffusa*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(11-12): 983-985.
8. Delgado-Montemayor, C., Pérez-Meseguer, J., Salazar-Aranda, R., Cordero-Pérez, P., Waksman, N. (2017). Hepatodamianol as the hepatoprotective constituent of *Turnera diffusa*. *Pak. J. Pharm. Sci.*
9. Parra-Naranjo, A., Delgado-Montemayor, C., Fraga-López, A., Castañeda-Corral, G., Salazar-Aranda, R., Acevedo-Fernández, J.J., Waksman, N., (2017). Acute Hypoglycemic and Antidiabetic Effect of Teuhetenone A Isolated from *Turnera diffusa*. *Molecules*, 22, 599
10. Alvarado-Ramírez, E. R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., Hernández-Meléndez, J. (2018). *Moringa oleifera* Lam.: una alternativa forrajera en la producción pecuaria en México. *Agroproductividad*, 11(2).
11. Coz-Bolaños, X., Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Loarca-Pina, G. F., Guzmán-Maldonado, S. H. (2018). *Moringa* infusion (*Moringa oleifera*) rich in phenolic compounds and high antioxidant capacity attenuate nitric oxide pro-inflammatory mediator in vitro. *Industrial Crops and Products*, 118: 95-101.
12. Posmontier, B. (2011). The medicinal qualities of *Moringa oleifera*. *Holistic nursing practice*, 25(2): 80-87.
13. Álvarez-Román, R., Silva-Flores, P.G., Galindo-Rodríguez, S.A., Huerta-Heredia, A.A., Vilegas, W., Paniagua-Vega, D. (2019). Moisturizing and antioxidant evaluation of *Moringa oleifera* leaf extract in topical formulations by biophysical techniques. *South African Journal of Botany*, 1-8.

14. Rao, A.S., Zhao, J., Smillie, T.J., Khan, I.A. (2008). Chemical Fingerprinting of *Turnera diffusa* and Closely Related Genera by High Performance Thin Layer Chromatography. *Planta Med.* 74:98.
15. Báez-Parra, K. M., Soto-Beltrán, M., López-Cuevas, O., Basilio Heredia, J., Alcaraz-Meléndez, L., Angulo-Escalante, M. A., (2019). In Vitro Antimicrobial Activity of Methanolic and Hexanic Extracts of *Turnera diffusa* Against Common Urinary Pathogens. *Revista Bio Ciencias* 6(2): e670
16. Alemany, A., (2004). Caracterizació de Metabòlits Produïts per soques de *Pseudomonas fluorescens* efectives en el control biològic de Honges Fitopatògens. Tesis Doctoral. Universidad de Girona, España.
17. Willer, J., Jöhrer, K., Greil, R., Zidorn, C., Çiçek, S. S. (2019). Cytotoxic Properties of Damiana (*Turnera diffusa*) Extracts and Constituents and A Validated Quantitative UHPLC-DAD Assay. *Molecules.* 24(5): 855
18. Pérez-Meseguer, J., Garza-Juárez, A., Salazar-Aranda, R., Salazar-Cavazos, M. L., Rivas-Galindo, V., De Torres, N. W. (2010). Development and validation of an HPLC-DAD analytical procedure for quality control of damiana (*Turnera diffusa*), using an antioxidant marker isolated from the plant. *Journal of AOAC International*, 93(4): 1161-1168.
19. Singh, R. G., Negi, P. S., Radha, C. (2013). Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *Journal of functional foods*, 5(4): 1883-1891
20. Alam, P., Alam, P., Sharaf-Eldin, M. A., Alqarni, M. H. (2020). Simultaneous identification of rutin, chlorogenic acid and gallic acid in *Moringa oleifera* by densitometric high-performance thin-layer chromatography method. *JPC—Journal of Planar Chromatography—Modern TLC*, 1-6.

Evaluación antagónica *in vitro* de *Trichoderma harzianum* frente a *Fusarium* sp. aislamientos de cacahuate (*Arachis hypogea* L.)

Martínez-Salgado Saira J.^{1*}

Andrade-Hoyos Petra¹

Romero-Arenas Omar¹

Rivera-Tapia Antonio¹

Luna-Cruz Alfonso²

Resumen

El cacahuate (*Arachis hypogea* L.) pertenece a la familia de las leguminosas (Fabaceae) es un cultivo anual, valorado a nivel mundial. En México es una especie invaluable por su resistencia a la sequía, por conservar la fertilidad del suelo al incorporar nitrógeno atmosférico, y por sus cualidades excepcionales para la alimentación del área rural. El objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar morfológicamente a *Fusarium* sp. asociado a la marchitez del cultivo de cacahuate, así como determinar la capacidad antagónica *in vitro* de *Trichoderma harzianum* sobre el patógeno. Se colectó tejido vegetal de *A. hypogea* con síntomas de marchitez, se sembraron tallos de 1 cm en medio agar papa dextrosa y se generaron cultivos monospóricos para caracterización morfológica. La cepa Th-Ah aislada de cacahuate e identificada por las regiones ITS1 e ITS2 con 99.69% de identidad correspondió a *T. harzianum*. El aislamiento Th-Ah presentó porcentaje de inhibición del crecimiento radial de 76.88% de antagonismo *in vitro*, clase II en la escala de Bell. Se sugiere realizar evaluaciones de control biológico con este aislamiento en invernadero y a campo abierto.

Palabras clave: identificación molecular, marchitez, aislamiento.

Introducción

El cacahuate (*Arachis hypogea* L.) pertenece a la familia de las leguminosas (Fabaceae) es un cultivo anual, valorado a nivel mundial. Presente en la dieta de gran parte de la población y

¹Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Pedro Zacachimalpa, 72960, Puebla, México.

²CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

*Autor para la correspondencia: jazmin_saira@hotmail.com

países, entre ellos, la India, China, Nigeria, Indonesia, Canadá y México. En México es una especie invaluable por su resistencia a la sequía, por conservar la fertilidad del suelo al incorporar nitrógeno atmosférico, y por sus cualidades excepcionales para la alimentación del área rural; por lo que es un sustituto económico de la carne para los campesinos que no tienen los recursos económicos (1). Sin embargo, debido a las condiciones de clima cambiante y al uso excesivo de plaguicidas en los agroecosistemas productivos surgen problemas fitosanitarios diversos, como son las enfermedades foliares y de raíz (2). Estas afectan a los cacahuates durante diferentes etapas de su ciclo de desarrollo y durante el almacenamiento (3). Lo que genera un decremento en el rendimiento y la calidad de los frutos. Entre los fitopatógenos transmitidos por el suelo que afectan a diferentes tejidos del cacahuete (semillas, vainas, tallo y raíces) se incluyen *Botrytis cinerea*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia minor*, *S. sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum* y *Verticillium dahliae* (4). El control de estas enfermedades por décadas se basa en el uso de productos de síntesis química, los cuales hoy día están relacionados con la generación de resistencia, daños al ambiente y a la salud humana (5). Por lo tanto, el género *Trichoderma* y sus diversas especies actúan como antagonistas, capaces de controlar un amplio número de hongos que afectan a las plantas de interés agrícola (6). El éxito y su uso en la agricultura se debe a sus mecanismos de acción como la competencia por espacio, micoparasitismo, antibiosis (7) y la producción de compuestos volátiles (8); con base en lo anterior se planteó determinar la capacidad antagónica por medio del porcentaje de inhibición del crecimiento radial *in vitro* de *T. harzianum* cepa Th-Ah de sobre *Fusarium* sp. (FM) aislados de *Arachis hypogea* L.

Materiales y Métodos

El aislamiento se realizó de plantas de cacahuete, parcela ubicada en La Soledad, comunidad rural perteneciente al municipio de Chietla del estado de Puebla, la colecta se realizó antes de la cosecha, en septiembre 2019. Cada planta se extrajo con raíz y suelo, posteriormente se colocó en bolsas de plásticos, y se colocaron en una hielera para su proceso en el laboratorio de hongos y patología vegetal, ubicado en el edificio Val1- Ecocampus Valsequillo, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Los hongos se aislaron de las plantas muestreadas a partir de raíces y de tallos. Las muestras de raíz y tallo se sumergieron en hipoclorito de sodio al 1% (NaOCl) durante 3 min. Las muestras se enjuagaron con agua destilada estéril y se secaron en papel filtro estéril, finalmente se cortaron en fragmentos de 5-10 mm y se colocaron cuatro en cajas Petri (90 x 15 mm) con medio de agar papa dextrosa (PDA, Bioxon ®) y cloranfenicol al 1%. Los cultivos se incubaron en oscuridad a $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 3 d y se purificaron por punta de hifa (9).

Identificación morfológica. La identificación se realizó comparando las características morfológicas de la colonia (textura, tipo de micelio, color, tipo de hifas) y se tomaron medidas de forma y tamaño de estructuras anamórficas con claves taxonómicas [10] en un sistema de micro-cultivo utilizando un microscopio óptico (Carl Zeiss, Jena, Alemania). Las placas se inocularon en el centro con un disco de 5 mm de micelio activo de cada uno de los hongos aislados, por triplicado. Se sellaron con papel parafilm e incubaron en oscuridad a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ (11). Las mediciones del crecimiento se realizaron cada 24 h durante 15 d hasta que las colonias cubrieron la superficie de la caja Petri.

Las características por morfotipos a considerar fueron color de la colonia en el anverso y reverso de la caja Petri, textura y tipo de crecimiento del micelio se evaluaron visualmente y se documentaron por fotografías. La identificación de género consideró la presencia y

dimensiones de fiálides y conidios, las cuales se describieron con claves taxonómicas especializadas (10-13).

Evaluación de la capacidad antagónica de Trichoderma spp. in vitro. La cepa patógena FM se evaluó frente a la cepa Th-Ah identificada como *T. harzianum*. Para ello, se utilizó la técnica de cultivos duales (14). Para cada tratamiento se usaron cajas Petri de 90 x 15 mm con medio PDA (Bioxon®) en las que se colocó en los extremos de la caja un disco de 5 mm de diámetro con micelio activo de *Fusarium* sp. (cepa FM) y en el otro extremo a *T. harzianum* (cepa Th-Ah). Para la evaluación del porcentaje de inhibición del crecimiento radial se tomaron medidas de diámetro de colonias cada 24 h durante 10 d de incubación y mediante observaciones de la formación de una zona de demarcación entre los inóculos. Se calcularon los valores medios de porcentaje de inhibición del crecimiento radial mediante la fórmula $PICR = R1 - R2 \times 100$, dónde: R1: diámetro del testigo, R2: diámetro del organismo ensayado (15). Por último, se clasificó el tipo de antagonismo, en la Tabla 1 se aprecia la escala (16).

Tabla 1. Clasificación de la capacidad antagónica.

Clase	Características
I	Sobrecrecimiento de <i>Trichoderma</i> sp., que colonizó toda la superficie del medio y redujo la colonia del patógeno
II	Sobrecrecimiento de <i>Trichoderma</i> sp., que colonizó al menos 2/3 de la superficie del medio
III	<i>Trichoderma</i> sp., y patógeno colonizaron la mitad del medio (más que 1/3 y menor que 2/3). Uno no se sobrepuso al otro
IV	Hongo patógeno colonizó al menos 2/3 de la superficie del medio y resistió la invasión por <i>Trichoderma</i> sp.
V	Sobrecrecimiento del hongo patógeno que colonizó toda la superficie del medio

Resultados y Discusión

Identificación cultural y morfométrica. La cepa FM se caracterizó por presentar hifas septadas, hialinas, macroconidios tabicados con 3 septos, falcados, con una curvatura distintiva de longitud de 70 - 110 μ m aproximadamente (Fig. 1b). La colonia presenta micelio abundante, de color blanco en el área circundante y fucsia en el centro (Fig. 1a). Las características morfológicas mencionadas anteriormente, coincidieron con las ya descritas para *Fusarium* sp. (12, 13).

Evaluación de la capacidad antagónica de Trichoderma spp. in vitro. La actividad antagonista de *T. harzianum* reveló que este hongo inhibió altamente el crecimiento de la cepa FM, registrando un valor de 76.88%, este valor se clasifica en la clase II (Fig. 2b) de acuerdo con la escala de antagonismo (16). En estudios similares se reportó un valor de 75.9% para *F. oxysporum* frente a *T. harzianum* mostrando más eficiencia que *T. viride* y *T. koningii* con inhibición de 67.70 y 55.60% respectivamente, en el cultivo de jitomate (17). En otra investigación obtuvieron una inhibición máxima de 77.77% sobre la cepa de *F. oxysporum*, mientras que con *T. viride* obtuvo inhibición de 71% (18). Esto demuestra que las especies de *Trichoderma* tienen una alta eficiencia en el control biológico de *Fusarium* spp.

La interacción del micelio de *T. harzianum* y *Fusarium* sp., mostró una zona de inhibición, lo que indica la capacidad micoparásita de *T. harzianum*, también se observó su

capacidad de colonización y antibiosis, características principales del género (19). *T. harzianum* probablemente inhibe el crecimiento radial del patógeno, debido a la producción de compuestos inhibitorios que se difunden al medio de cultivo; antibiosis por producción de metabolitos volátiles y no volátiles entre los cuales se encuentran, pirones, isocianatos, pépticos, y trichocinas, además, la producción de enzimas extracelulares difundibles tales como peptinasas, cutinasas, glucanasas y quitinasas (20).

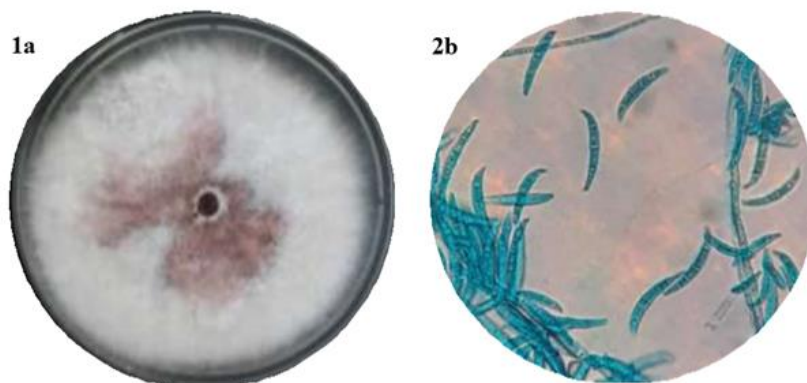


Fig. 1. a) Colonia cepa FM (*Fusarium* sp.) en medio PDA, b) macroconidias teñidas con azul de metileno 100x.



Fig. 2. a) Testigo cepa FM, b) confrontación de *Trichoderma harzianum* frente a *Fusarium* sp. a los 5 d.

Conclusiones

Se identificó a *Fusarium* sp. asociado a la marchitez, proveniente de tallos y raíz de cacahuete (*Arachis hypogaea* L). La cepa de *T. harzianum* (Th-Ah) mostró adecuada capacidad antagónica *in vitro* frente a *Fusarium* sp., presentando inhibición de 76.88% y sobrecrecimiento de *T. harzianum* que colonizó al menos 3/4 de la superficie de *Fusarium* sp., clase II de Bell en condiciones *in vitro*.

Referencias Citadas

1. Angulo, J. (2011). Paquete tecnológico para la alta productividad del cacahuete. 16 de noviembre 2020, de Fundación produce, Sinaloa Sitio web: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/paquetes-tecnologicos/111-cacahuete/1835-paquete-tecnologico-para-la-alta-productividad-en-cacahuete>
2. Thiessen, L. and Woodward, J. (2012). Diseases of peanut caused by soilborne pathogens in the Southwestern United States. ISRN Agronomy. 10.5402/2012/517905.
3. Pal, K. K., Dey, R. and Tilak, K. V. B. R. (2014). Fungal diseases of groundnut: control and future challenges. Future challenges in crop protection against fungal pathogens, 1–29. doi:10.1007/978-1- 4939-1188-2_1.
4. Sanogo, S. and Puppala, N. (2012). Microorganisms associated with valencia peanut affected by pod rot in New Mexico. Peanut Sci. 39(2): 95-104.
5. Andrade-Hoyos P, Luna-Cruz A, Hernández EO, Gayosso EM, Valenzuela NL and Cureño HJB. (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 10(6): 1259-1272.
6. Romero-Arenas O, Amaro LJ, Damián HM, Valencia de Ita MA, Rivera A and Huerta LM. (2017). Bio-preparados de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Phytophthora capsici* en el cultivo de tomate de Puebla, México. ITEA 113(4): 313-324.
7. Nawrocka J, Szczech M and Malolepsza U. (2018). *Trichoderma atroviride* enhances phenolic synthesis and cucumber protection against *Rhizoctonia solani*. Plant Prot. Sci. 54(1): 17-23.
8. Hernández-Melchor DJ, Ferrera-Cerrato R and Alarcón A. 2019. *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. Chil J Agric Anim Sci. 35(1): 98-112.
9. Gómez C.I, Pérez, P.E., Escamilla, P.E, Martínez, B.M, Carrión, V.G, Hernández, L.T. (2017). Selection in vitro of mycoparasites with potential for biological control on Coffee Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*). Rev. Mex. Fitopato. 36(1): 172-183.
10. Barnett H.L and Hunter B.B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 218 p.
11. Duarte-Leal Y., Pozo-Martínez L. and Martínez-Coca B. (2018). Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt and Nirenberg frente a aislados de *Fusarium* spp. Rev. Prot. Veg. 33(1): 1-10.
12. Burgess L. W, Summerell A. B, Bullock S, Gott K P, Backhouse D. (1994). Laboratory Manual for Fusarium Research. 3rd ed. Sydney University. Sydney, Australia. 133 p.
13. Leslie J.F, Summerell B.A. (2006). The Fusarium Laboratory Manual. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing; 387 p.
14. Dennis L, Webster J. (1971). Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma*. III Hyphal interaction. Trans. Brit. Mycol. Soc. 57:363-369.
15. Ezziyyani, M., S.C. Pérez, M.E. Requena, L. Rubio y M.E. Candela (2004). Biocontrol por *Streptomyces rochei* -Ziyani-, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. Anales Inst. Biol. 26: 69-78.
16. Bell D.K, Wells H.D and Markham C.R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. Phytopathology 72: 379-382.

17. Jagraj S., Vipul kumar, Seweta Srivastava, Adesh Kumar y Vinit Partap Singh. (2018). Evaluación in vitro de especies de *Trichoderma* contra *Fusarium oxysporum* f. *sp. lycopersici* que causa el marchitamiento del tomate. Diario de fitopatología, 17: 59-64.
18. Pakkala A., Harison M. (2018). In vitro evaluation of *Trichoderma viride* and *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* strains. J Pharmacogn Phytochem. 7(2): 2838-2841.
19. Harman, G. E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology. 96(2): 190-194.
20. García-Espejo C.N, Mamani-Mamani M.M, Chávez-Lizárraga G.A and Álvarez-Aliaga M.T. (2016). Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible biocontrolador. J.Selva Andina Res. Soc. 7(1): 20-32.

Efecto del aumento de temperatura en la respiración del suelo de campos agrícolas en cuatro ciénegas, México

Guillen-Cruz Gabriela^{1*}
Flores-Rentería Dulce²

Resumen

Se predice que el cambio climático aumentará la temperatura media mundial de 1.4 a 5.8 °C. El efecto de este posible aumento sobre los sistemas agrícolas de zonas áridas es complejo y varía en el tiempo; y precisamente evaluar ese efecto es el objetivo principal de este estudio. Por lo tanto, se llevó a cabo un experimento de incubación con suelos de seis campos agrícolas del municipio de Cuatro Ciénegas, en donde la temperatura ambiental fue ajustada a dos escenarios de cambio climático y un control, aumentando la temperatura media 1.5 y 3 °C durante 17 días para cada escenario. Se realizaron mediciones de la respiración, humedad y temperatura del suelo cada tres días. Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura tuvo un efecto positivo significativo sobre la respiración del suelo en ambos escenarios. El incremento de temperatura en los escenarios de incubación del suelo también modificó el efecto de la temperatura del suelo sobre la respiración. Mientras en el escenario control la relación fue positiva, cuando se incrementa la temperatura tiene un efecto negativo. Está bien estudiado que el aumento de la temperatura provoca una mayor liberación de CO₂ del suelo, pero también ocurre un proceso de aclimatación microbiana a este aumento. Por consiguiente, podemos concluir que los suelos agrícolas de Cuatro Ciénegas perderán carbono orgánico en respuesta al calentamiento global.

Palabras clave: Cambio climático, zonas áridas, suelo.

Introducción

La temperatura global promedio se elevó entre 0.60 y 0.76 °C durante los últimos 50 años y, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), se espera que incremente de 1.4 a 5.8 °C para fines de este siglo, con cambios en patrones de lluvia y otros

¹Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo. CP 25900, Ramos Arizpe, Coahuila. México.

²CONACyT-CINVESTAV, Unidad Saltillo. CP 25900, Ramos Arizpe, Coahuila. México.

*Autor para la correspondencia: yaahid@gmail.com

eventos climáticos extremos (1). Este incremento en temperatura es una amenaza para la productividad de los sistemas, especialmente los agrícolas en zonas áridas y semiáridas, debido a que el cambio en los patrones de lluvia afectará los rendimientos de los cultivos, las temperaturas más altas afectarán las tasas de evapotranspiración y alterarán la descomposición de la materia orgánica del suelo (2), liberando potencialmente más CO₂ a la atmósfera.

La liberación de CO₂ se conoce como respiración del suelo (RS), que se considera el segundo flujo principal de intercambio de carbono entre los ecosistemas terrestre y atmosférico (3). Este proceso está impulsado por varios factores, siendo los principales la temperatura y la humedad. Por lo tanto, es más probable que los escenarios de cambio climático pronosticados afecten la permanencia del suelo C debido a su influencia en las tasas de RS (4). Aunque se han realizado varios estudios para determinar los posibles efectos del aumento de temperatura sobre la dinámica del carbono del suelo, aún no hay consenso. Mientras que algunos estudios informaron que el RS disminuye con el aumento de temperatura (5), otros describen un proceso de aclimatación (6).

Comprender la respuesta de RS al cambio climático es fundamental para evaluar el ciclo del carbono en diferentes escenarios climáticos. Sin embargo, los estudios para sistemas agrícolas en ecosistemas áridos y semiáridos siguen siendo limitados. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue determinar el efecto del aumento de temperatura en RS en suelos de diferentes campos agrícolas de Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Materiales y Métodos

Se colectó suelo en noviembre de 2019 de seis parcelas agrícolas al noreste de la cuenca de Cuatro Ciénegas de Carranza, Coahuila. Dichas parcelas producen principalmente alfalfa (*Medicago sativa*), maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*) según la época del año. Los sitios de muestreo se ubicaron en el lado noroeste. Se seleccionaron seis parcelas agrícolas, que comprenden un tipo de suelo compartido (Calcisol) pero un manejo contrastante. Cinco fueron parcelas agrícolas activas con manejo intensivo a regular, además, un sitio agrícola que ha estado abandonado durante más de 50 años. El muestreo se realizó en transectos lineales cada 30 m hasta un total de cinco muestras en cada parcela, y en los primeros 15 cm de profundidad.

Se exploraron dos escenarios de cambio climático con un aumento de temperatura de 1.5 °C y 3 °C, respectivamente, con base en la temperatura media anual de los meses de crecimiento en el sitio de estudio, 36.4 °C (utilizado como escenario de control). Se colocaron seis contenedores de suelo (250 g) por parcela, por escenario, y se incubaron durante 17 días en una cámara de crecimiento.

La respiración del suelo (RS) de cada contenedor se midió cada tres días entre las 11:00 y las 12:30 h, utilizando una cámara portátil cerrada (SRC-2) conectada a un analizador de gases infrarrojo EGM-5 (PP Systems). La humedad y la temperatura del suelo se determinaron inmediatamente después con un sensor Hydraprobe II. Los suelos se regaron hasta la saturación (aproximadamente 30% de humedad del suelo) con 140 ml de agua del grifo el día anterior a la medición de la RS. Las diferencias en RS, humedad del suelo y temperatura para escenario se analizaron mediante un ANOVA de una vía. Se utilizó el análisis post hoc de Tukey para evaluar las diferencias entre las medias. Se realizó un análisis de correlación de Pearson entre RS y la temperatura y humedad de éste. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software STATISTICA v10.0.

Resultados y Discusión

Los suelos de las parcelas agrícolas presentaron en promedio una RS de $0.08 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Se puede observar en la Fig. 1 que el efecto del incremento de la temperatura (escenarios) tuvo un efecto significativo sobre la RS. Ambos escenarios de cambio climático, es decir, escenarios de 1.5°C y 3°C presentaron una RS significativamente más alta (0.10 y $0.09 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente), en comparación al escenario control ($0.06 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Diversos estudios demuestran que la temperatura incrementa la descomposición de la materia orgánica del suelo, dando como resultado la liberación de CO_2 , proveniente de la respiración de los microorganismos (3, 7, 8).

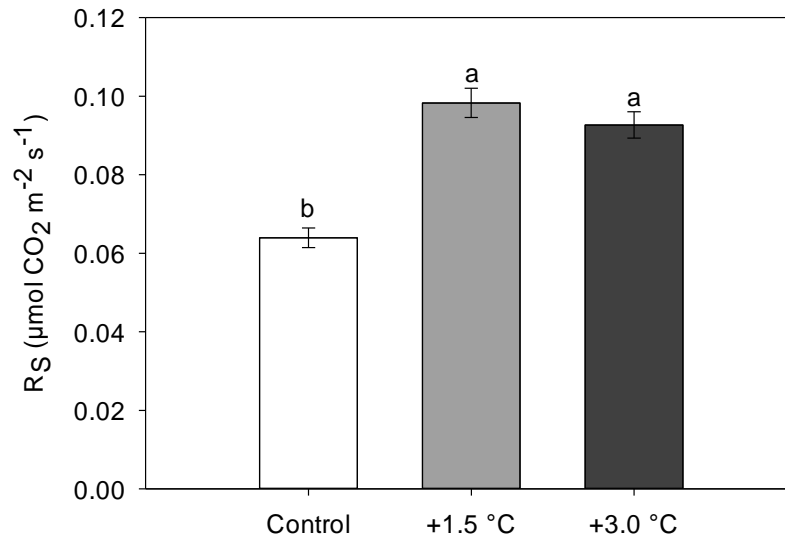


Fig. 1. Respiración del suelo de campos agrícolas de Cuatro Ciénegas de cada escenario de cambio climático. Las barras representan la RS promedio con su respectivo error estándar ($n=180$). Las letras minúsculas representan diferencias significativas entre escenarios de acuerdo con la comparación post-hoc de Tukey ($P < 0.05$).

El análisis de correlación entre los factores que controlan la RS mostró que existe una correlación positiva de la RS y la temperatura del suelo ($R^2 = 0.20$). Sin embargo, esta relación se ve modificada bajo los escenarios de incrementos de temperatura, tanto a 1.5°C como 3°C , volviéndose negativa (Tabla 1). Es decir, al aumentar la temperatura del suelo, la RS tiende a disminuir con el tiempo. Este comportamiento puede ser explicado por múltiples factores como el agotamiento del carbono lábil, o a la aclimatación fisiológica de los microorganismos del suelo, o sus efectos combinados (6, 7, 9).

Tabla 1. Correlación de Pearson entre la respiración, la temperatura y la humedad del suelo de campos agrícolas de Cuatro Ciénegas, incubado en tres escenarios de cambio climático.

	Control		1.5 °C		3 °C	
	TaSu	HuSu	TaSu	HuSu	TaSu	HuSu
RS	0.20*	0.05	-0.41**	-0.11	-0.19*	-0.14
TaSu		0.22*		-0.25*		0.06

RS: respiración del suelo; TaSu: temperatura del suelo; HuSu: humedad del suelo. * $0.001 < p < 0.01$, ** $p < 0.001$.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que la respiración del suelo en sitio agrícolas de Cuatro Ciénegas aumentará con el incremento de la temperatura global. Estos resultados sugieren que los suelos estarán perdiendo C orgánico en respuesta al calentamiento global, resaltando la importancia de implementar medidas de mitigación ante el cambio climático, que reduzcan la liberación de CO₂ por parte del suelo.

Agradecimientos

Agradecemos al CONACyT por la beca otorgada a Guillén-Cruz dentro del Programa de Doctorado en Ciencias en Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía.

Referencias Citadas

1. Zhang W., K.M. Parker, Y. Luo, S. Wan, L.L. Wallace, y S. Hu. (2005). Soil microbial responses to experimental warming and clipping in a tallgrass prairie. *Global Change Biol.* 11(2): 266-277.
2. Hou R., Z. Ouyang, D. Maxim, G. Wilson, y Pá. Kuzyakov. (2016). Lasting effect of soil warming on organic matter decomposition depends on tillage practices. *Soil Biol Biochem.* 95: 243-249.
3. Lai L., X. Zhao, L. Jiang, Y. Wang, L. Luo, Y. Zheng, X. Chen, y G.M. Rimmington. (2012). Soil respiration in different agricultural and natural ecosystems in an arid region. *PLoS ONE.* 7(10): e48011.
4. Zamani R., A.M.A. Ali, y A. Roozbahani. (2020). Evaluation of Adaptation Scenarios for Climate Change Impacts on Agricultural Water Allocation Using Fuzzy MCDM Methods. *Water Resour Manag.* 34(3): 1093-1110.
5. Yu H., Z. Xu, G. Zhou, y Manga. Shi. (2020). Soil carbon release responses to long-term versus short-term climatic warming in an arid ecosystem. *Biogeosciences.* 17(3): 781-792.
6. Bradford M.A., B.W. Watts, y C.A. Davies. (2010). Thermal adaptation of heterotrophic soil respiration in laboratory microcosms. *Global Change Biol.* 16(5): 1576-1588.
7. Wang X., L. Liu, S. Piao, I.A. Janssens, J. Tang, W. Liu, Y. Chi, J. Wang, y S. Xu. (2014). Soil respiration under climate warming: differential response of heterotrophic and autotrophic respiration. *Global Change Biol.* 20(10): 3229-3237.
8. Liu Y., N. He, X. Wen, L. Xu, X. Sun, G. Yu, L. Liang, y L.A. Schipper. (2018). The optimum temperature of soil microbial respiration: Patterns and controls. *Soil Biol Biochem.* 121: 35-42.
9. Luo Y., S. Wan, D. Hui, y L.L. Wallace. (2001). Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie. *Nature.* 413(6856): 622-625.

Aislamiento de bacterias productoras de sideróforos y enzimas fosfatasas de rizósfera en un agroecosistema

Camacho-Chab Juan Carlos^{1*}

Cob-Rivera Katia²

Pech-Chi Wilian²

Chab-Ruiz Antonio²

Tun-Che Rodrigo¹

Resumen

Los suelos agrícolas contienen grandes cantidades de fósforo y hierro. No obstante, estos elementos se encuentran principalmente en su forma insoluble no asimilable para las plantas. Sin embargo, existen bacterias capaces de solubilizar dichos elementos y de esta manera dejarlos disponibles para las plantas. El objetivo general del presente trabajo fue aislar, caracterizar y evaluar la producción de sideróforos y enzimas fosfatasas de bacterias provenientes de rizosfera en agroecosistemas del Instituto Tecnológico de Chiná. Para ello, se realizó el aislamiento de bacterias de la rizosfera de cultivos de palma mediante diluciones seriales en placas de agar Pikovskaya. Fueron seleccionadas 24 cepas en base a la formación de un halo claro alrededor de la colonia, indicando de esta manera actividad solubilizadora de fosfato insoluble. Estas cepas fueron preliminarmente caracterizadas y fueron evaluadas mediante la detección de sideróforos en agar Azul Chromo azurol y la determinación productora de enzimas fosfatasas. Finalmente, se demostró la presencia de 5 cepas bacterianas productoras de sideróforos y 4 de enzimas fosfatasas en la rizosfera, lo cual representa un efecto positivo para el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Bacterias solubilizadoras de fosfato, Bacterias Gram -, Agar Azul Chromo azurol.

Introducción

Los agroecosistemas son unidades básicas y de desarrollo de la agricultura que han sido modificadas por el hombre para dichas actividades, las cuales se caracterizan por

¹Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n. Col. Buenavista. C.P. 24039, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

²Laboratorio de Usos Múltiples. Instituto Tecnológico de Chiná, C.P. 24520, Campeche, México.

*Autor para la correspondencia: juanccam@uacam.mx

presentar componentes bióticos y abióticos que interactúan como un ecosistema, además de contener una gran cantidad de macronutrientes como: el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca); y micronutrientes como el cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) entre otros, que ayudan al crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas (1). El P y el Fe son dos nutrientes esenciales para las plantas, el P se involucra en procesos metabólicos como la producción de energía, fotosíntesis, activación y desactivación de enzimas (2). Por otro lado, la importancia del Fe en las plantas se caracteriza por formar parte de los grupos catalíticos de muchas enzimas del tipo hemoproteína, que son importantes en la biosíntesis de las moléculas de clorofila ya que regulan la actividad del sistema enzimático. La mayoría del P y el Fe que se encuentran en los suelos, están en su forma insolubles para las plantas. Se conoce que en los suelos y en especial la Región llamada rizosfera, se encuentra la mayoría de las interacciones biológicas entre las raíces de la planta y microorganismos, en especial las bacterias y hongos (3).

Las bacterias constituyen el grupo microbiano más numeroso y formadores de colonias más abundantes por gramo de suelo rizosférico. Con respecto al papel que desempeñan las bacterias en el suelo, existen especies como *Escherichia coli* y *Salmonella Typhimurium* productoras de sideróforos fenólicos, que son estructuralmente complejos llamados enterobactinas. Los sideróforos microbianos son moléculas secretadas por bacterias en condiciones de deficiencia de Fe, para secuestrar el Fe de su entorno (4). Es precisamente a través de la síntesis de sideróforos que algunas bacterias presentes en los suelos influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas (5). Por otro lado, las bacterias también pueden incrementar la solubilidad de P inorgánico, a través de la liberación de protones, iones, OH⁻ o CO₂ y iones de ácidos orgánicos como citrato, malato, y oxalato y pueden mineralizar el P orgánico por la liberación de enzimas fosfatasa. Las bacterias destacan por la capacidad de liberar sideróforos para asimilar el Fe, así como para producir enzimas que solubilizan el P en los suelos (5).

Existen estudios que describen el uso de las bacterias asociadas con las plantas para estimular su crecimiento y como agentes mejoradores del suelo y de sanidad vegetal (3). Este grupo de bacterias son llamados rizobacterias (o simplemente bacterias) promotoras del crecimiento de las plantas (RPCV o BPVC) (4), también conocidas como PGPR por sus siglas en inglés (Plant growth promoting rhizobacteria). Hoy en día una de las problemáticas de la agricultura intensiva es el uso excesivo de fertilizantes y el poco aprovechamiento de estos por las plantas. Adicionalmente, la poca capacidad de los suelos para una adecuada restauración, se convierte en un problema mayor. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue llevar a cabo un estudio exploratorio del aislamiento de bacterias de rizosfera, productoras de sideróforos o enzimas fosfatasas en un agroecosistema.

Materiales y Métodos

Se colectaron seis muestras de suelo de forma aleatoria en rizosfera de cultivo de palma, en las instalaciones del rancho Xamantún perteneciente al Instituto Tecnológico de Chiná. Seguidamente, las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Usos Múltiples del Instituto Tecnológico de Chiná. El aislamiento se llevó a cabo por diluciones seriales de 10⁻¹ hasta 10⁻⁵, cada una por duplicado (5).

El inóculo se hizo en cajas Petri con medio agar Pikovskaya (medio específico para bacterias solubilizadoras de fosfato). Las cajas inoculadas fueron observadas cada 24 horas para buscar colonias bacterianas que presentaran actividad solubilizadora de fosfato mediante la formación de un halo transparente a su alrededor en el medio de cultivo (1). Las colonias

que presentaron formación de un halo transparente fueron aisladas en agar de soya y tripticaseína (TSA) y agar papa y dextrosa (PDA) e incubadas a 28 ± 2 °C durante 72 hrs. Transcurrido el tiempo las colonias seleccionadas fueron resembradas tres veces para su caracterización por morfología colonial y celular. La determinación de la producción de sideróforos se realizó usando el agar CAS (chromo azurol S). En condiciones asépticas todas las soluciones del medio agar CAS fueron mezcladas y transferidas a cajas Petri. El lote de bacterias seleccionadas por la formación del halo en agar Pikovskaya fueron evaluadas por la producción de sideróforos, se procedió a cultivar las bacterias en el agar CAS, incubándolas por 48 hrs a 28 ± 2 °C. El cambio de color azul a rosa en el medio donde crecieron las colonias indicó la producción de sideróforos. Como control positivo se utilizó la bacteria *Escherichia coli*. Por otro lado, la determinación de actividad fosfatasa de las cepas seleccionadas se llevó a cabo siguiendo la modificación del método establecido por (4).

Las cepas fueron cultivadas en 10 mL del medio de cultivo TSB y PDB durante 48 hrs por triplicado. Posteriormente, la biomasa fue separada mediante centrifugación a 6,000 rpm durante 10 min. Una vez obtenido el pellet de biomasa se agregó 1 mL de buffer Tris-HCl (50 mmol a pH 8.0). La lisis celular se realizó en un baño de ultrasonido a 40 kHz/seg durante 10 min, la solución final fue centrifugada a 6,000 rpm durante 10 min para remover la biomasa remanente (3). 200 µl del extracto celular fue transferido a viales de vidrio, seguidamente se adicionó C del sustrato p-nitrofenil fosfato (Sigma-Aldrich), dejando incubar durante 30 min a 35 °C. Para la interpretación del resultado se realizó un control que contenía 200 ul del buffer y 300 ul de reactivo p-nitrofenil fosfato líquido, pasando los 30 min de incubación, los resultados con actividad de enzimas fosfatasas se reflejan con un color amarillo en contraste con el control que permanece sin cambio de coloración.

Resultados y Discusión

Un total de 33 cepas fueron aisladas de manera preliminar después de 72 h de incubación a 28 ± 2 °C, de estas 33 cepas, fueron seleccionadas 24 teniendo como criterio de selección la formación de un halo transparente alrededor de la colonia en crecimiento en agar Pikovskaya. Estas 24 cepas fueron caracterizadas de acuerdo a como se describe en la Tabla 1.

Con respecto a la evaluación de la capacidad productora de sideróforos, de las 16 cepas bacterianas cultivadas en medio CAS, únicamente 6 cepas dieron positivo al cambio de color rosa en el medio durante su crecimiento, de esta manera se consideró positivo la producción de sideróforos (Figura 1). Respecto a la producción de enzimas fosfatasas, de las 16 cepas solo 4 dieron positivas a la producción de estas enzimas.

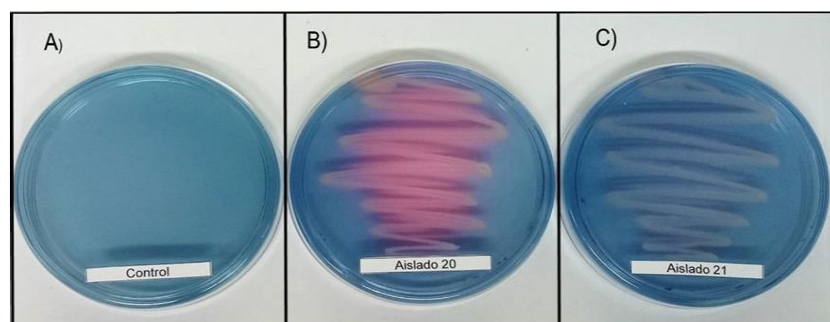


Fig. 1. A) Medio de cultivo CAS si crecimiento bacteriano. B) Aislado 20 con producción de sideróforos. C) Aislado 21 sin producción de sideróforos.

De las 24 cepas seleccionadas y caracterizadas por su morfología colonial, 8 ya no presentaron crecimiento, por lo tanto, se llevó a cabo la caracterización celular por tinción de Gram de las 16 cepas restantes para proceder posteriormente a la evaluación de la producción de sideróforos y enzimas fosfatasas, de estas todas fueron Coco Gram-.

Tabla 1. Caracterización colonial de las 24 cepas seleccionadas.

No.	Cepa	Aspecto	Borde	Color	Crecimiento	Forma
1	Aislado 01	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
2	Aislado 02	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
3	Aislado 04	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
4	Aislado 05	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
5	Aislado 06	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
6	Aislado 07	Brilloso	Entero	Translucida	Convexa	Redondo
7	Aislado 08	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
8	Aislado 09	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
9	Aislado 10	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
10	Aislado 12	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
11	Aislado 13	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
12	Aislado 14	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
13	Aislado 15	Brilloso	Ondulado	Crema	Convexa	Redondo
14	Aislado 16	Brilloso	Entero	Amarillo	Convexa	Redondo
15	Aislado 19	Brilloso	Ondulado	Crema	Convexa	Irregular
16	Aislado 20	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
17	Aislado 21	Brilloso	Entero	Crema	Plana	Redondo
18	Aislado 22	Brilloso	Entero	Amarillo	Plana	Redondo
19	Aislado 23	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
20	Aislado 24	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo
21	Aislado 25	Brilloso	Entero	Crema	Plana	Redondo
22	Aislado 26	Brilloso	Irregular	Translucido	Plana	Irregular
23	Aislado 27	Brilloso	Ondulado	Crema	Plana	Irregular
24	Aislado 28	Brilloso	Entero	Crema	Convexa	Redondo

Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo una estrategia para el aislamiento de microorganismos productores de sideróforos y enzimas fosfatasas provenientes de la rizosfera de suelos de agroecosistemas del rancho Xamantún perteneciente al Instituto Tecnológico de Chiná. Durante el aislamiento fueron seleccionados 24 cepas siendo el 73 % de un total de 33 cepas que crecieron en agar Pikovskaya, la característica principal en la selección fue la formación de un halo transparente alrededor de la colonia en el medio de cultivo como indicativo de una previa actividad solubilizadora. Los resultados obtenidos, en este trabajo de investigación, permitieron confirmar que el 25% (4 cepas) de 16 cepas aisladas dieron positivo a la actividad de enzimas fosfatasa, por otro lado, los resultados para producción de sideróforos confirmaron que del total de aislados solo dieron positivos al 37% (6 cepas).

Referencias Citadas

1. Oliveira C, Alves C, Mariel I, Gomes E, Scotti M, Carneiro N, Guimara C, Schaffer R, Sá N, (2009). Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of Maize cultivated in an oxisol of the Brazilian. *Biome Soil Biology and Biochemistry*. 41: 1782.
2. Aguado G, Moreno B, Jiménez B, García E, Preciado R, (2012). Impacto de los sideróforos microbianos y fitosideróforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 9-21.
3. Nannipieri P, Ascher J, Ceccherini M, Landi L, Pietramellara G, Renella G, (2003). Microbial diversity and soil functions. *Eur J Soil Sci.* 54: 655-670.
4. Gaonkar T, Bhosle S. (2013). Effect of metal son a siderophore producing bacterial isolate and its implications on Microbial assisted bioremediation of metal contaminated soils. *Chemosphere* 93:1835-1843.
5. Mendoza-Arroyo G, Chan-Bacab M., Aguila-Ramírez N, Ortega-Morales B, Canché-Solís R, Chab-Ruiz A, Cob-Rivera K, Dzib-Castillo B, Tun-Che R, Camacho-Chab J, (2020). Inorganic phosphate solubilization by a novel isolated bacterial strain *Enterobacter* sp. ITCB-09 and its application potential as biofertilizer. *Agriculture*. 10: 383.

Síntesis de nanopartículas de óxido de Zinc asistida con extractos de *Lippia graveolens*, su antagonismo contra hongos fitopatógenos

Merlin-Trujillo Joaquin Antonio¹
Cerde-García Luis Alfonso²
Vera-Reyes Ileana^{3*}

Resumen

En este trabajo se sintetizaron mediante una metodología de bajo impacto ambiental nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), utilizando extractos de hojas de *Lippia graveolens*. Los extractos de esta planta contienen metabolitos como el timol, carvacrol y eugenol que nos permiten la reducción y estabilización de las nanopartículas. Se confirmó la síntesis de las NPs ZnO por medio de difracción de rayos X y microscopia de barrido electrónico, las NPs mostraron una morfología irregular semiesférica, con tamaños menores a 30 nm. Los ensayos de antagonismo de las NPs demostraron tener un control sobre el crecimiento micelial de *Alternaria solani* y *Fusarium oxysporum*; siendo la concentración de 1000 mg L⁻¹ la más efectiva para el control in vitro de estos hongos fitopatógenos, las cuales inhibieron en 65% (65.22±0.50) el crecimiento de *A. solani* y redujeron en 66 % (2.44x10⁷±0.006) la producción de esporas con respecto al control; en cuanto a *F. oxysporum* lograron inhibir el crecimiento en 62 % (62.4±0.51) y en 55% la producción de esporas (3.33x10⁷±0) con respecto al control. Los resultados obtenidos demuestran que las NPs ZnO obtenidas con extractos de hojas esta planta, pueden emplearse como una alternativa en el control de hongos fitopatógenos, reduciendo el impacto ambiental por el uso de excesivo de fungicidas sintéticos.

Palabras clave: *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, Agronanotecnología.

¹Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; Calz Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, Mexico.

²Departamento de Materiales Avanzados, Centro de Química Aplicada (CIQA); Blvd. Enrique Reyna Hermosillo 140, Col. San José de los Cerritos, 25904 Saltillo, Coahuila, México.

³CONACYT-CIQA, Departamento de Biociencias y Agrotecnología, Blvd. Enrique Reyna Hermosillo 140, Col. San José de los Cerritos, 25904 Saltillo, Coahuila, México.

*Autor para la correspondencia: ileana.vera@ciqa.edu.mx

Introducción

La nanotecnología (NT) es un área de la ciencia que se dedica al estudio, diseño, síntesis y manipulación de materiales, sustancias y dispositivos de la materia con un rango de dimensión de 1-100 nm (1). Existen diversos materiales derivados de la nanotecnología, sin embargo, las más conocidas y estudiadas son las nanopartículas (NPs). Las cuales son estructuras con al menos una dimensión entre 1 y 100 nm, que por sus propiedades físico-químicas y relación superficie-tamaño de volumen pueden mejorar las funciones biológicas de las mismas (2).

La aplicación de las NT, a través del uso de las NPs han encontrado áreas de oportunidad en la industria como, la farmacéutica, médica y el sector agrícola (3). En la actualidad, la agricultura se ve beneficiada por la amplia investigación del uso de NPs como nanofertilizantes, estimuladores de germinación y crecimiento de plántulas, nanosensores y nanopesticidas (4). Debido a que elementos como la plata (Ag^{+1}), Cobre (Cu^{+2}), Zinc (Zn^{+2}) entre otros, son antagonistas de organismos fitopatógenos (5), uno de los métodos para la síntesis de NPs es la síntesis verde, la cual emplea extractos vegetales para la bioproducción de material tamaño nano, las biomoléculas del extracto, tales como proteínas, polisacáridos, alcaloides, taninos, fenoles, saponinas, entre otros; favorecen a la reducción de compuestos inorgánicos (Ag^{+1}) y estabilización de óxidos metálicos (ZnO , Al_2O_3), brindando un efecto sinérgico antagonista por los residuos de las biomoléculas antes mencionadas, además de ser un método de síntesis amigable con el ambiente (6).

Hoy en día las aplicaciones excesivas de pesticidas han generado resistencia a plagas y enfermedades, además de impactar negativamente a los ecosistemas, generando desequilibrios en la producción de cultivos y aumento los gastos de producción (7). En este contexto, el uso de NPs sintetizadas a partir de extractos de plantas, busca impactar en la agricultura ofreciendo métodos de control sobre organismos fitopatógenos de forma ecológica y sustentable (8). Esta investigación tuvo como objetivo utilizar extractos de plantas de *Lippia graveolens* para sintetizar nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) con la finalidad de observar su efecto antagonista contra el crecimiento de hongos de *Fusarium oxysporum* y *Alternaria solani* dos hongos fitopatógenos causantes de importantes pérdidas económicas en los cultivos agrícolas.

Materiales y Métodos

Preparación del extracto acuoso. Se colectaron hojas y tallo *Lippia graveolens* HBK (Orégano) de los municipios de Viescas, Coahuila durante la primavera -verano 2018. El material vegetal se secó a una temperatura de 70 °C por 24 h. Posteriormente, el material fue pulverizado con ayuda de una licuadora. Se tomaron 10 g de la muestra de hojas previamente pulverizadas y se realizó un método de decocción a 60 °C por una hora. Después se filtró con papel filtro, para eliminar los restos vegetales recolectando el sobrenadante.

Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc asistida con extractos plantas. Se preparó una solución 0.5 M de nitrato de zinc la cual se mezcló con en el extracto acuoso de la planta descrito anteriormente. La mezcla se mantuvo a 90 °C en agitación constante hasta conseguir una pasta. La pasta obtenida se dejó enfriar, y se transfirió a un crisol de porcelana para dejar a 80 °C por 12 horas. Posteriormente, se llevó a una mufla donde se realizó un tratamiento térmico a 400 °C por 1 h. La muestra se pulverizó con ayuda de un mortero de porcelana y se guardó en tubos de centrifuga hasta su uso.

Las NPs se caracterizaron por difracción de rayos X (DRX) de las NPs utilizando un difractómetro Rigaku Ultima IV con una fuente de radiación de $\text{CuK}\alpha$, operado a 44 mA y 40

Kv, en un rango de barrido de 10 a 80° en escala 2θ, a una velocidad de 0.02 °/s. Se identificaron las fases cristalinas presentes en la muestra, mediante la comparación con los patrones estándar de la base de datos del International Centre for Diffraction Data (ICDD). El tamaño de cristalita se determinó con la ecuación de Scherrer, usando los patrones de difracción obtenidos de cada muestra mediante el uso del software Jade 6. Adicionalmente se analizó la morfología de las NPs mediante microscopia electrónica de barrido (SEM).

Evaluación del efecto antifúngico in vitro de las nanopartículas. Se evaluó la actividad antifúngica de las NPs ZnO contra las dos cepas de hongos fitopatógenas *Alternaria solanni* y *Fusarium oxysporum*, fueron adquiridas de la colección del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Se utilizó la metodología de medio envenado descrita por Esparza-Arredondo (9). En este estudio se manejaron las siguientes concentraciones de NPs: 0, 150, 250, 500, y 1000 mgL⁻¹. Se preparó medio PDA (Agar Papa Dextrosa) adicionado con extracto de malta y extracto de levadura, el cual se esterilizó en autoclave a 121 °C por 15 min. Al cual se le adicionaron las NPs al finalizar la esterilización del medio PDA, se agitó brevemente para homogenizar la solución con el medio y se vació en cajas Petri. Los hongos se inocularon por medio de explante en los medios y se incubaron a 27 °C por 10 días. El parámetro evaluado fue el diámetro de crecimiento radial, el cual se midió con ayuda de un vernier, para poder calcular el porcentaje de inhibición con la formula descrita por Orberá et al., (10). Se utilizó el procedimiento descrito por Bustillo (11) para cuantificar suspensiones de esporas de hongos.

Resultados y Discusión

Después del tratamiento de calcinación se obtuvo un polvo el cual fue homogenizado con mortero y pistilo, posteriormente estas muestras fueron caracterizadas para confirmar la formación de las NPs. En la Figura 1A se muestra la caracterización de las NPs ZnO por difracción de rayos X. Para facilitar la identificación de los patrones de difracción del ZnO, el difractograma se comparó con reportado en el banco de datos del ICDD (International Centre Diffraction Data). Se observa la presencia de picos característicos localizados a 31.84, 34.44, 36.26, 47.56, 56.6, 62.9, 66.52, 67.96, 69.12 y 72.76° atribuidos a las reflexiones de los planos (100), (002), (101), (102) (110), (103), (200), (121), (201), y (202) con una estructura hexagonal correspondiente al ZnO (JCPDS No. 36-1451).

Las micrografías obtenidas (Figura 1B) demostraron que con el extracto de *L. graveolens* se formaron aglomeraciones en la superficie y una la morfología semi-circular, presentado variaciones de tamaño dentro de los aglomerados aproximado de entre 25 y 20 nm. Estos resultados obtenidos a través del SEM, son similares conforme lo reportado en la literatura. Ahmad y colaboradores, (12) quienes describen la morfología y tamaño del ZnO, siendo esféricas con un tamaño de 40-50 nm, las cuales se sintetizaron con extracto de *Eucalyptus globulus*, describiendo que la aglomeración de las NPs es mayor cuando se emplea este método (síntesis verde), debido a que la forma agrupada de las NPs confirma la presencia de desechos biológicos del extracto. Lakshmeesha y colaboradores (13) describió la morfología de NPs ZnO sintetizadas por *Melia azedarach* siendo hexagonales con un tamaño de 30-40 nm formando también agregados de NPs. Las micrografías obtenidas de las NPs, muestran en general una aglomeración en la superficie de las muestras analizadas, característica que se asimila por el uso de los extractos de plantas utilizados para su formación, las cuales producen este efecto.

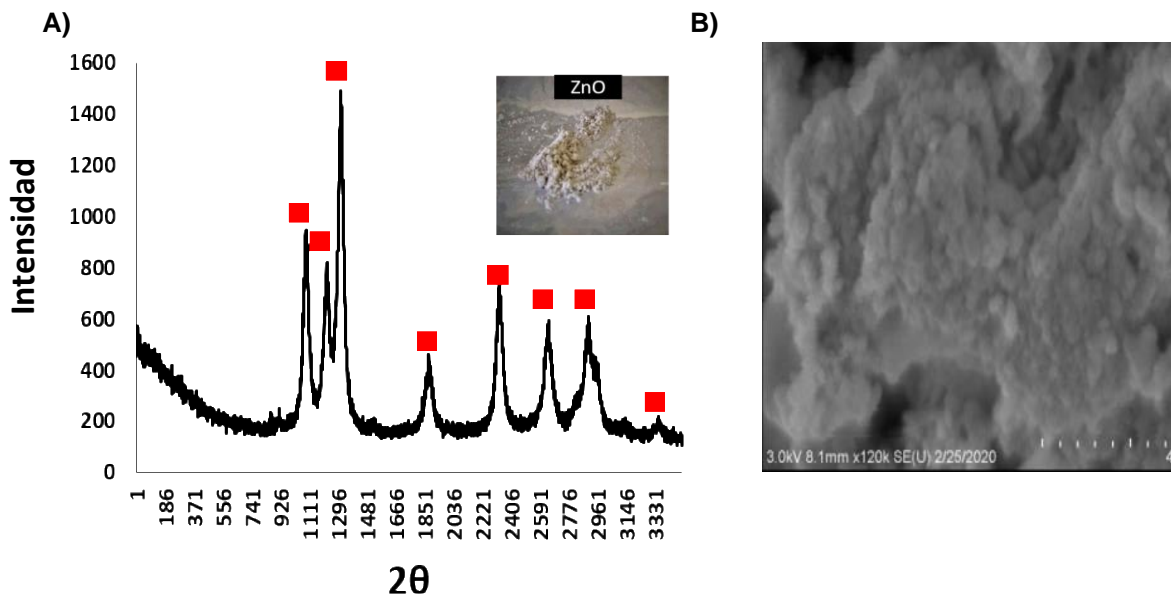


Fig. 1. A) Difractograma de las nanopartículas ZnO sintetizadas a 400°C de calcinación, los cuadros rojos indican las reflexiones características del óxido de zinc. B) . Micrografía de SEM de las nanopartículas de ZnO.

Antagonismo in vitro contra hongos fitopatógenos. La evaluación de crecimiento de *Alternaria solani* se realizó cuando esta alcanzó el 100% de crecimiento micelial, el cual fue 7 días después de la siembra, mientras que la evaluación del crecimiento de *F. oxysporum* se realizó al 8 día después de la siembra. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos por los diferentes tratamientos de NPs ZnO sobre el crecimiento del micelio. El efecto antagonista de las NPs se correlaciona con el incremento en la concentración de las mismas, por lo que, a dosis más altas (1000 mg L⁻¹) se observó el mayor porcentaje de inhibición del crecimiento micelial como se muestra en la Tabla 1. Las NPs ZnO lograron inhibir el 50 % del crecimiento radial a partir de 500 mg L⁻¹, alcanzando un 65.22±0.50 % a la máxima concentración evaluada.

Estos resultados obtenidos son similares con lo reportado por Abdelhakim y colaboradores (14) al obtener efectos inhibitorios de *A. solani* a partir de 200 mg L⁻¹ con NPs de ZnO sintetizadas por *A. tenuissima* obteniendo mayor diámetro de inhibición a 400 mg L⁻¹. También, Ali et al. (15) reportan el control el crecimiento de *A. solani* con el uso de NPs ZnO sintetizadas por extracto de Neem en 45%. Demostrando que la aplicación de NPs de óxido de zinc genera efectos antagónicos en el crecimiento de *A. solani*.

Con respecto a *F. oxysporum* el aumento en la concentración de NPs se correlaciona con su efecto antagónico por lo que a dosis más altas (1000 mg L⁻¹) se obtuvo mayor efecto de inhibición en el crecimiento del patógeno. Las NPs ZnO exhibieron un efecto antagónico a partir de 500 y 1000 mg L⁻¹, inhibiendo en 36.26 ±0.97 y 62.45 ±0.51 % respectivamente, sin mostrar efecto antagónico a concentraciones de 150 y 250 mg L⁻¹, donde las NPs no tuvieron un efecto alguno en el crecimiento de *F. oxysporum*.

Estos resultados obtenidos con las NPs ZnO en la inhibición del crecimiento de *F. oxysporum* son los similares con Lakshmeesha et al. (16) donde se obtuvo un efecto de inhibición de este hongo a partir de concentraciones altas (>250 mg L⁻¹) con NPs ZnO sintetizadas con extracto de *M. azedarach* las cuales tenían un tamaño promedio de 40-30 nm, esto puede ser debido a la tolerancia que presenta *F. oxysporum* a condiciones de estrés. Por

su parte, Abdelhakim et al. (14) reportaron la inhibición del crecimiento micelial de *F. oxysporum* con NPs ZnO sintetizadas por *A. tenuissima* en 17% a 400 mg L⁻¹, a concentraciones menores (100 y 200 mg L⁻¹) no presentó control alguno en el crecimiento del patógeno. El efecto antagónico de las NPs conforme la concentración se incrementó, este efecto se correlaciona con la capacidad que tiene *F. oxysporum* para tolerar concentraciones de iones metálicos en sus conidios (hipersensibilidad) evitando que la malformación de hifas se presente a mayores concentraciones (17).

Tabla 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento radial de los hongos fitopatógenos evaluados por efecto de las nanopartículas de óxido de zinc

Cepa	Concentración (mgL ⁻¹)			
	150	250	500	1000
<i>Alternaria solani</i>	26.10 ±1.50	47.63 ±1.26	57.73 ±0.85	65.22 ±0.50
<i>Fusarium oxysporum</i>	0.00 ±0.00	0.00 ±0.00	36.26 ±0.97	62.45 ±0.51

La evaluación del conteo de esporas se realizó después que se presentó el 100% del crecimiento micelial, de los hongos en estudio. Se utilizó la metodología reportado por Bustillo (11) con un factor de dilución de 102. En la Tabla 2, se observa el efecto de las NPs sobre la producción de esporas de *A. solani* y *F. oxysporum*.

Tabla 2. Efecto de las nanopartículas de ZnO sobre la de esporas de los hongos fitopatógenos evaluados.

Hongo	Concentración (mgL ⁻¹)	
	500	1000
<i>Alternaria solani</i>		
Control	5.57x10 ⁷ ±0.09	5.57x10 ⁷ ±0.09
NPs ZnO	3.00x10 ⁷ ±0.00	2.44x10 ⁷ ±0.006
<i>Fusarium oxysporum</i>		
Control	7.37x10 ⁷ ±0.05	7.37x10 ⁷ ±0.05
NPs ZnO	3.63x10 ⁷ ±0.01	3.33x10 ⁷ ±0.00

En la Tabla 2 se muestra el efecto de las en la producción de esporas NPs ZnO, estas generaron una disminución en la producción de esporas en *A. solani* del 45% (3x10⁷±0.0 esporas/ml) a 500 mg L⁻¹ con respecto al control (5.57x10⁷ ±0.09), aumentando su efecto a 1000 mg L⁻¹ disminuyendo en 56% (2.44x10⁷±0.006 esporas/ml). En *F. oxysporum* la aplicación de NPs ZnO redujo también la producción de esporas en un 50% (3.63x10⁷ ±0.01) a partir de 500 mg L⁻¹ con respecto al control (7.37x10⁷±0.05) y logra inhibir su producción en 55 % (3.33x10⁷±0.0 esporas/ml) a 1000 mgL⁻¹. Teniendo un mayor control en la producción de esporas con esta cepa. Se sabe que las esporas germinadas de hongos patógenos desempeñan un papel importante en la colonización e infección de plantas (18). Por lo tanto, la tasa de inhibición de la germinación de las esporas reduce significativamente la amenaza de los hongos patógenos. Las NPs biosintetizadas pudieron inhibir eficazmente la germinación de esporas, resultados similares han sido reportados en otros estudios (19).

El efecto de las NPs ZnO en la producción de esporas de *F. oxysporum* demostró ser eficaces al reducir en más del 50% la producción de esporas a partir de 500 mg L⁻¹. Al respecto, Ali et al. (15) mencionan que los efectos en la disminución de esporulación de hongos se deben principalmente al tamaño de las nanopartículas y su concentración empleada, debido a que se generan mayores efectos conforme el tamaño disminuye y la concentración se aumenta causando más daños en las malformaciones de las estructuras del hongo, reduciendo su agresividad en el daño de los cultivos.

Conclusiones

La síntesis de nanopartículas de óxido de zinc fue posible empleando los extractos de *Lippia graveolens*, las cuales exhibieron actividad antifúngica contra los hongos fitopatógenos: *Alternaria solani* y *Fusarium oxysporum*.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto interno de CIQA denominado “Biosíntesis de nanopartículas obtenidas de extractos de plantas de las zonas áridas del norte de México para su uso en la agricultura”, por los recursos para realizar este trabajo.

Referencias Citadas

1. Gómez-Garzón, M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. *Repertorio de Medicina y Cirugía*, 27(2): 75-80.
2. Raskar, S. V. & Laware, S. L. (2014). Effect of zinc oxide nanoparticles on cytology and seed germination in onion. *Inertational Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(2): 467-473.
3. Ali, M, A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, Hafeez, 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(113): 1-24.
4. Elmer, W. H., & White, J. C. (2016). The use of metallic oxide nanoparticles to enhance growth of tomatoes and eggplants in disease infested soil or soilless medium. *Environmental Science: Nano*, 3(5): 1072-1079.
5. Sahayaraj, K., Roobadevi, M., Rajes, S. & Azizi, S. (2015). *Vernonia cinerea* L. silver nanocomposite and its antibacterial activity against a cotton pathogen. *Research on Chemical Intermediates*, 41(8): 5495-5507.
6. Boroumand Moghaddam, A., Namvar, F., Moniri, M., Azizi, S., & Mohamad, R. (2015). Nanoparticles biosynthesized by fungi and yeast: a review of their preparation, properties, and medical applications. *Molecules*, 20(9): 16540-16565.
7. Lira Saldivar, H. R., Méndez Arguello, B., De los Santos Villareal, G., & Vera Reyes, I. (2018). Potencial de la Nanotecnología en la Agricultura. *Acta universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 28(2): 9-24.
8. Valero-Galván, J., González-Díaz, C. A., González-Fernández, (2014). Efecto de los extractos acuosos de hojas de plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojas en

- (*Flourensia cernua*) y encino (*Quercus pungens*), sobre el crecimiento micelial in vitro de hongos fitopatógenos. *Acta universitaria*, 24(5): 13-19.
9. Esparza-Arredondo I.E.J.; Vera-Reyes I. (2016). Potencial Antimicrobial de Nanopartículas Metálicas en Microorganismos Fitopatógenos y su Potencial como Promotores de Crecimiento en Plantas. Tesis de Licenciatura. Universidad Agraria Antonio Narro.
 10. Orberá Ratón, T. D. L. M., Serrat Díaz, M. D. J., & González Giro, Z. (2009). Potencialidades de bacterias aerobias formadoras de endosporas para el biocontrol en plantas ornamentales. *Fitosanidad*, 13(2): 95-100.
 11. Bustillo, A. E. (2015). Método para cuantificar suspensiones de esporas de hongos y otros organismos. *ResearchGate*, 2-15.
 12. Ahmad, H., Krishan, V., Kalyanaram, R., De Brito, S., Nandini, B., Pushpalatha, H. G., Konappa, N., Nagaraja, G., & Jogaiah, S. (2020). Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Eucalyptus globules* and Their Fungicidal Ability Against Pathogenic Fungi of Apple Orchards. *Biomolecules*, 10(425): 1-13.
 13. Lakshmeesha, T. R., Murali, M., Mohammad-Azam, A., Udayashankar, A. C., Maadi, S. M., Nayak, C. S., & Niranjana, S.R. (2020). Biofabrication of zinc oxide nanoparticles from *Melia azedarach* and its potential in controlling soybean seed-borne phytopathogenic fungi. *Sadui Journal of Biological Sciencies*, 27: 1923-1930.
 14. Abdelhakim, H.K., El-Sayed, E. R. & Rashidi, F. B. (2020). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles with antimicrobial, anticancer, antioxidant and photocatalytic activities by the endophytic *Alternaria tenuissima*. *Journal of Applied Microbiology*. 128: 1634-1646.
 15. Ali, J., Mazumder, J. A., Perwez, M., & Sardar, M. (2020). Antimicrobial effect of ZnO nanoparticles synthesized by different methods against food borne pathogens and phytopathogens. *Materials Today: Proceedings*.
 16. Lakshmeesha, T. R., Murali, M., Mohammad-Azam, A., Udayashankar, A. C., Maadi, S. M., Nayak, C. S., & Niranjana, S.R. (2020). Biofabrication of zinc oxide nanoparticles from *Melia azedarach* and its potential in controlling soybean seed-borne phytopathogenic fungi. *Sadui Journal of Biological Sciencies*, 27: 1923-1930.
 17. Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M. & Martínez-Escudero, E. (2014). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta agronómica*. 62(2): 194-205.
 18. Ibrahim, E., Luo, J., Ahmed, T., Wu, W., Yan, C., & Li, B. (2020). Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Onion Endophytic Bacterium and Its Antifungal Activity against Rice Pathogen *Magnaporthe oryzae*. *Journal of Fungi*, 6(4).
 19. Kriti A., Ghatak A., Mandal N. (2020). Inhibitory potential assessment of silver nanoparticle on phytopathogenic spores and mycelial growth of *Bipolaris sorokiniana* and *Alternaria brassicicola*. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*. 9: 692-699.

Especies endófitas de *Trichoderma* spp. en el control de *Phytophthora cinnamomi*

Andrade-Hoyos Petra^{1*}
Silva-Rojas Hilda Victoria²
Romero-Arenas Omar¹

Resumen

La pudrición de raíces causada por *Phytophthora cinnamomi* es un factor limitante en el rendimiento del aguacate en México y el mundo, una alternativa eficiente para reducir pérdidas es el control biológico a través de *Trichoderma* spp. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad antagónica in vitro y en invernadero de 10 especies endófitas de *Trichoderma* (obtenidas de aguacate y canela) frente a *P. cinnamomi*, en la confrontación in vitro se midió el porcentaje de inhibición de crecimiento micelial radial de *Trichoderma* spp. y *P. cinnamomi* con la escala de Bell y la incidencia en plántulas de aguacate. Se identificaron cuatro aislamientos de *T. asperellum*, tres de *T. harzianum*, uno de *T. hamatum* (T-A12) y *T. kogningiopsis*, *T. asperellum* y *T. harzianum* presentaron 78.3 y 38.6% de inhibición. El modo de acción fue parasitismo, vacuolación y enrollamiento micelial. La incidencia de la enfermedad de plántulas con síntomas de marchitez y muerte disminuyó más del 50% en presencia de *Trichoderma*. Se concluye que las cepas nativas de *T. asperellum* y *T. harzianum* contribuyen positivamente al biocontrol de *P. cinnamomi* in vitro y plántulas de aguacate.

Palabras clave: Biocontrol, *Trichoderma* spp., inhibición, incidencia.

Introducción

Especies del género *Phytophthora* spp. infectan una gran variedad de plantas silvestres y cultivadas en todo el mundo; la subespecie *Phytophthora cinnamomi* afecta severamente al cultivo del aguacate se encuentra ampliamente distribuida globalmente, este oomycete representa una amenaza al ecosistema natural; lo mismo ocurre con otras especies frutales

¹Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

²Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para la correspondencia: andrahoy@gmail.com

(4,11). *P. cinnamomi* causa la pudrición de raíces, enfermedad conocida en México como la tristeza del aguacatero; la infección causada por *P. cinnamomi* eventualmente coloniza y destruye el sistema vascular de troncos, incluso puede dañar la calidad de los frutos (13, 1). En México, se reportó en los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y en el municipio de Atlixco, Puebla, afecta aproximadamente al 5% de la superficie cultivada. Además, se atribuye la desaparición de plantaciones de aguacate a consecuencia de *P. cinnamomi* (17,18).

Es común en la agricultura convencional, que para evitar la pudrición de raíces de las plantas y aumentar la productividad, se recurra al uso indiscriminado de fungicidas altamente tóxicos y fertilizantes químicos (9,3) los cuales generan un impacto ambiental negativo a los agroecosistemas. El uso de los hongos filamentosos como agentes de biocontrol, representan una alternativa eficaz para los sistemas de producción agrícola y la disminución del uso de sustancias tóxicas. Desde hace décadas, se han realizado investigaciones acerca del uso de diferentes especies del género *Trichoderma*; se han observado múltiples mecanismos de acción. Existen diferentes especies de *Trichoderma* que desempeñan un rol importante en los diferentes sistemas agroforestales y ecosistemas naturales, se consideran agentes de control biológico, pues actúan contra patógenos de importancia agrícola.

Existen diversos estudios de especies de *Trichoderma* obtenidos de la rizósfera y su inferencia en la sanidad de las plantas de importancia agrícola y de la evaluación de su actividad antagonica contra los fitopatógenos de suelo in vitro, en invernadero y en las plantaciones en producción. Sin embargo, existen pocos estudios donde el inóculo se obtenga de secciones de raíces para acceder a la región intracelular de las mismas del cultivo de avocado. Asimismo, en México hay pocas especies de *Trichoderma* aisladas directamente de raíces de avocado y canela. En esta investigación, se evaluó la capacidad antagonica in vitro y en invernadero 10 especies endófitas de *Trichoderma* (obtenidas de aguacate y canela) frente a *P. cinnamomi*.

Materiales y Métodos

Los aislamientos nativos de *Trichoderma* spp. se obtuvieron de raíces de aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*) colectadas en los estados de Michoacán, Guadalajara, Puebla, Hidalgo, Veracruz y Tlaxcala (Tabla 1). Las raíces se lavaron con agua del grifo, se sumergieron en hipoclorito de sodio 1 % por 30 s, posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril y se sembraron fragmentos de las raíces de 1 cm en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) adicionado con 50 mg de cloranfenicol. Posteriormente se realizó el cultivo monospórico y purificación de los aislamientos obtenidos. El aislamiento de *P. cinnamomi* fue la CPO-PCU (Genbank JQ266267); se reactivó en medio agar-Jugo-V8, incubando a 28 °C (1).

Caracterización morfológica. En la identificación de las especies nativas de *Trichoderma* se utilizaron claves taxonómicas de Barnett y Hunter (2).

Extracción de DNA y amplificación de PCR. Se utilizó CTAB 2% (Tris-HCL 10 Mn, Ph8; H₂O 20 Mm, pH 8; CTAB 2%; NaCl 1.4 M a 60 ± 2 °C) con modificaciones (14). Para la amplificación, se utilizaron los iniciadores ITS5 e ITS4 (19). Se secuenciaron dos hebras usando el Kit de secuenciación de ciclos BigDye Terminator v3.1 (Applied Biosystems, USA) en un secuenciador analizador genético 3130 (Applied Biosystems, USA). Todas las alineaciones de secuencias de DNA se ensamblaron y editaron con el software BioEdit v7.0.5 (7).

Antagonismos in vitro. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y 10 tratamientos, se midieron las variables de porcentaje de inhibición

del crecimiento radial (PICR), $PICR\% = (R1 - R2) / R1 \times 100$, donde PICR = Porcentaje de Inhibición de Crecimiento Radial, R1 = crecimiento radial (mm) de *P. cinnamomi* sin *Trichoderma* spp., R2 = crecimiento radial (mm) de *P. cinnamomi* con *Trichoderma* spp. (5).

Incidencia de plántulas en invernadero. Se estableció un experimento completamente al azar. Cada uno de los aislamientos de *Trichoderma* spp., se inocularon en 20 plántulas de aguacate con 5 mL a una concentración de 1×10^6 fragmentos de micelio mL^{-1} de *P. cinnamomi*. Las plantas de aguacate testigo se regaron con agua estéril. Posterior a 20 días de la inoculación, la incidencia se evaluó con base al porcentaje plantas asintomáticas, plantas con marchitez y plantas muertas.

Resultados y discusión

Caracterización de Trichoderma spp. Los 10 aislamientos de *Trichoderma* endófitos, obtenidos de raíz de aguacate y canela, correspondieron a cuatro aislamientos de *T. asperellum* (T-AS1, T-AS2, T-AS6 y T-AS7), tres de *T. harzianum* (T-H3, T-H4 y T-H5), uno de *T. hamatum* (T-A12) y dos de *T. koningiopsis* (T-K8 y T-K11). Las secuencias de los 10 aislamientos de *Trichoderma* fueron depositadas en el GenBank. Las especies endófitas de *Trichoderma* se identificaron taxonómica y morfológicamente a *T. asperellum*, *T. harzianum* y *T. koningiopsis* (10).

Los aislamientos se caracterizaron por mostrar espirales con fiáldes con forma de botella a largadas posterior a la mitad de las mismas, los conidios se observaron globosos a subglobosos (6, 15). Antes de esta investigación, se desconocía qué especies de *Trichoderma* habitaban la raíz de aguacate en México. Entre las especies ampliamente investigadas se encuentra *T. harzianum*, la más utilizadas contra de la raíz (9, 16).

Porcentaje de inhibición. El antagonismo in vitro, *T. asperellum* (T-AS1, T-AS2), *T. harzianum* (T-H3, T-H4) mostraron inhibición menor del 65.3% ($P < 0.05$); pero, el porcentaje más alto de inhibición lo obtuvo T-AS2 correspondiente a *T. asperellum* con 78.32% de inhibición. Los aislamientos de *T. asperellum* son poco estudiadas, sin embargo, tienen potencial de inhibir el crecimiento de *P. cinnamomi*; también se encontró un buen comportamiento de T-H3 correspondiente a la especie de *T. harzianum* que presentó el 73.33 % de inhibición. La inhibición de T-H5 que corresponde a *T. harzianum* con 38.66%, presentó el valor más bajo. Los aislamientos *T. harzianum* T-H4 y *T. asperellum* T-AS1 presentaron una inhibición moderada en la misma proporción (69.15%). Las especies con un desempeño de moderado a bajo, fueron cinco, dos de *T. asperellum* T-AS7 y T-AS6 (51.5 y 53.33 %), uno de *T. hamatum* T-A12 (50.99 %) y dos aislamientos de la especie *T. koningiopsis* T-K8 y T-K11 (46.99 y 47.33 %).

Diferentes especies de *Trichoderma* son conocidas por su actividad antagonica eficiente; la confrontación de cultivos duales de *T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. koningiopsis* y *T. hamatum* contra un aislamiento virulento de *P. cinnamomi* (CPO-PCU) indicó que *T. asperellum*, T-AS2, inhibió en 78.32 % y *T. harzianum*, T-H3, en 73.33 %.

La mayoría de especies de *Trichoderma* se ubicaron en la clase I, con capacidad antagonica eficiente por sobrecrecer en la colonia de *P. cinnamomi* (Tabla 1) y ocasionalmente en clase 2 de Bell. En la incidencia de la enfermedad, las plántulas de aguacate presentaron menor incidencia de síntomas de marchitez cuando se inocularon con *T. harzianum*, T-H5, *T. asperellum* T-AS2 y *T. koningiopsis* T-K11, y obtuvieron entre 70 y 80 % de plantas asintomáticas (Figura 1); es decir, a mayor porcentaje de plantas asintomáticas menor porcentaje de plantas con síntomas de marchitez o muerte de plántulas de aguacate.

Tabla 1. Evaluación de porcentaje de inhibición de *Trichoderma* spp. sobre *Phytophthora cinnamomi*.

Aislamiento	GenBank Número de Accesión	Localidad	Especies de <i>Trichoderma</i>	PIRG %
T-AS2	MK779008	Hidalgo	<i>T. asperellum</i>	78.32 ^a
T-H3	MK780094	Tlaxcala	<i>T. harzianum</i>	73.33 ^{ab}
T-H4	MK779064	Puebla	<i>T. harzianum</i>	69.15 ^b
T-AS1	MK778890	Hidalgo	<i>T. asperellum</i>	65.30 ^b
T-AS6	MK791646	Michoacán	<i>T. asperellum</i>	53.33 ^c
T-AS7	MK791647	Michoacán	<i>T. asperellum</i>	51.50 ^c
T-A12	MK791650	Veracruz	<i>T. hamatum</i>	50.99 ^c
T-K11	MK791648	Guadalajara	<i>T. koningiopsis</i>	47.33 ^{cd}
T-K8	MK791649	Puebla	<i>T. koningiopsis</i>	46.99 ^{cd}
T-H5	MK784067	Tlaxcala	<i>T. harzianum</i>	38.66 ^d

* Letras diferentes dentro de la columna denotan una diferencia significativa entre los valores medios de los tratamientos, según la prueba de Tukey en $p \leq 0.05$.

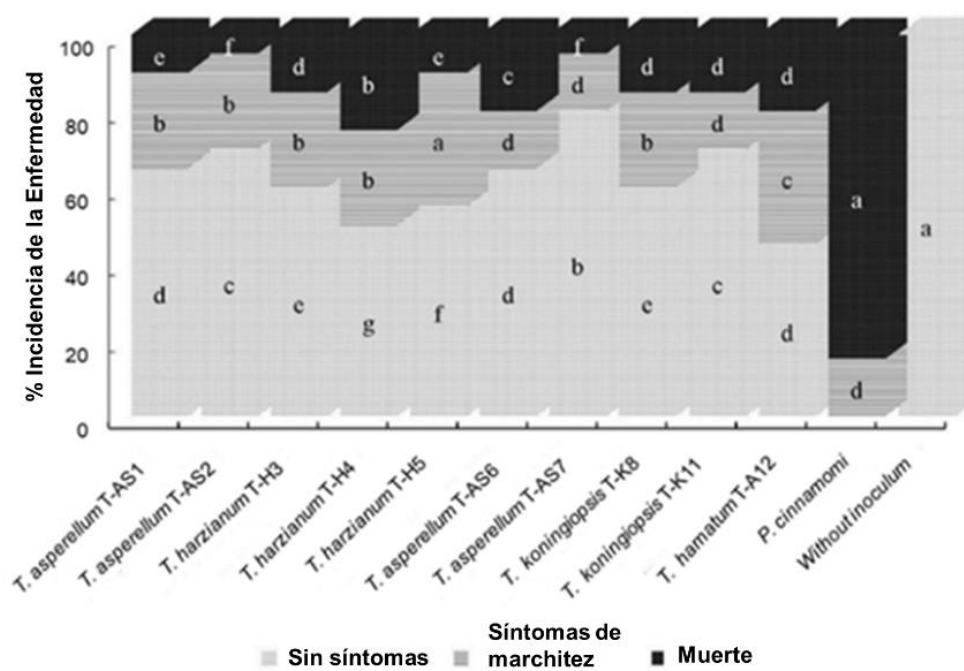


Fig. 1. *Phytophthora cinnamomi*. El porcentaje de incidencia de enfermedades se reduce en condiciones de invernadero. *Letras diferentes denotan los tratamientos que son significativamente diferentes según la prueba de Tukey en $p < 0.05$.

Las diferentes especies nativas de *T. harzianum*, atribuyen una buena interacción entre la presencia del patógeno a la introducción de especies de *Trichoderma* y la interacción de la planta. La capacidad endofítica de estos agentes de control biológico se le conoce como holobioma, expresada como la complejidad simbiótica de las interacciones de *Trichoderma* spp. que habitan en las raíces (12, 8).

Conclusiones

Las especies de *Trichoderma* endófitos con mejor comportamiento *in vitro* fueron los aislamientos TAS-2 y TH-3, y en plántulas de aguacate *T. asperellum* T-AS7, con 80% de plántulas asintomáticas; en el caso de los aislamientos de *T. harzianum*, T-H5, *T. asperellum* T-AS2 y *T. koningiopsis* T-K11 participaron activamente en la pudrición de raíces; sin embargo, hubo plantas con marchitamiento. La introducción de *Trichoderma* spp. como agente de control biológico promueven la sanidad de las raíces. La inoculación con los aislamientos de *Trichoderma* spp. disminuyeron el porcentaje de incidencia por *P. cinnamomi*, mostrando un incremento en la sanidad de las plántulas de aguacate.

El uso de cepas endófitas de *Trichoderma*, aislados de los espacios intracelulares de raíces de aguacate y canela, contribuyeron eficientemente en el biocontrol *in vitro* e invernadero contra el fitopatógeno *P. cinnamomi* causante de la pudrición de raíces del aguacatero.

Referencias Citadas

1. Andrade, H.P., De León, C., Espíndola, B.M.C., Alvarado, R.D., López, J.A., García, E.R. (2012). Selection of avocado rootstocks for tolerance-resistance to *Phytophthora cinnamomi* Rands. Using controlled temperature. *Spanish J. Rural Development* 3:1-8.
2. Barnett, H., Hunter, B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. EE. UU. Burgess Publ. Co., pp. 241.
3. Castaño, Z.J., Leal, J.M., (2018). Integrated management of avocado root rot (*Persea americana* Miller), caused by *Phytophthora cinnamomi* Rand. *Temas Agrarios*. 23(2): 131-143.
4. Dunstan, W.A., Howard, K., Hardy, G.E.S.T.J., G.E., Burgess, T.I. (2016). An overview of australia's *Phytophthora* species assemblage in natural ecosystems recovered from a survey in Victoria. *IMA Fungus*, 7 (1), 47–58.
5. Ezziyyani, M., Requena, M. E., Egea-Gilabert, C., Candela, M.E. (2007). Biological Control of *Phytophthora* Root Rot of Pepper Using *Trichoderma harzianum* and *Streptomyces rochei* in Combination. *J. Phytopathol.* 155: 342-349.
6. García-Núñez, H.G., Martínez-Campos, A.R., Hermosa-Prieto, M.R., Monte-Vázquez, E., Aguilar-Ortigoza, C.J., González-Esquível, C.E., (2017). Morphological and molecular characterization of native isolates of *Trichoderma* and its potential biocontrol against *Phytophthora infestans*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35: 58-79.
7. Hall, T. A. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser.* 41: 95-98.
8. Harman, G.E., Uphoff, N. (2019). Symbiotic Root-Endophytic Soil Microbes Improve Crop Productivity and Provide Environmental Benefits. *Scientifica*. 2019: 1-25.

9. Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., Monte, E. (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* 158: 17–25.
10. Jang, S., Kwon, S.L., Lee, H., Jang, Y., Park, M.S., Lim, Y.W., Kim C., Kim, J.J. (2018). New Report of Three Unrecorded Species in *Trichoderma harzianum* Species Complex in Korea. *Micology*. 46(3): 177-184.
11. Malarczyk, D., Panek, J., Frac, M. (2019). Alternative molecular based diagnostic methods of plant pathogenic fungi affecting berry crops, A review. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences. 20-290.
12. Nawaz, K., Shahid, A. A., Bengyell, L., Subhani, M. N., Alia, M., Anwar, W., Iftikhar, S., Ali, S. W. (2018). Diversity of *Trichoderma* species in chili rhizosphere that promote vigor and antagonism against virulent *Phytophthora capsici*. *Scientia Horticulturae*, 239: 242-252.
13. Newett, S. D. E., Crandy, J. H., Balerdi, C. F. (2002). Cultivars and rootstocks. *In*: Whiley, A. W; Schaffer, B; Wolstenholme. *Avocado: Botany, production and uses*. BN. *CABI Publ.* pp. 161-187.
14. Rivera-Jiménez, M. N., Zavaleta-Mancera, H. A., Rebollar-Alviter, A., Aguilar-Rincón, V. H., García-de-los-Santos, G., Vaquera-Huerta, H., Silva-Rojas, H.V. (2018). Phylogenetics and histology provide insight into damping-off infections of ‘Poblano’ pepper seedlings caused by *Fusarium* wilt in greenhouses. *Mycological Progress*. 17: 1237–1249.
15. Samuels, G.J., Ismaiel, A. Bon, M.C. (2010). *Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species. *Mycologia* 102: 944-996.
16. Sabbagh, S. K., Roudini, M., Panjehkeh, N. (2017). Systemic resistance induced by *Trichoderma harzianum* and *Glomus mossea* on cucumber damping-off disease caused by *Phytophthora melonis*. *Arch Phytopathol. Plant Protect.* 50(5–8): 375-3788.

Avances en la identificación autónoma en la agricultura con teléfonos inteligentes

Loera-Alvarado Gerardo^{1*}

Resumen

La disponibilidad actual de teléfonos inteligentes en México constituye un área de oportunidad para acercar el conocimiento y la tecnología al sector agrícola. Las herramientas para crear modelos de aprendizaje profundo (*Deep Learning*) e incorporarlos directamente en teléfonos inteligentes ha permitido realizar identificación autónoma de diversas variables a nivel de campo con gran exactitud. El objetivo del presente trabajo fue conocer los principales modelos de *Deep Learning* utilizados para la identificación autónoma con teléfonos inteligentes en el área de la agricultura, en los últimos dos años. Se realizó una investigación documental de las publicaciones realizadas en el mundo durante el 2019 y 2020, donde se haya aplicado algún modelo de aprendizaje autónomo directamente en *Smartphones* para realizar identificación autónoma. Se encontró que el modelo más usado con las Redes Neuronales Convolucionales (CNN). La creación y entrenamiento o reentrenamiento (*Transfer Learning*) de los modelos se realiza principalmente con la herramienta *TensorFlow*®. Los modelos se han orientado a la identificación de enfermedades y estado de madurez en diversas especies con una exactitud entre 70% y 99%. Las Redes Neuronales Convolucionales pueden contribuir a la identificación autónoma en la agricultura con ayuda de un teléfono inteligente con una amplia aplicación.

Palabras clave: Red Neuronal Convolucional, Smartphones, imágenes digitales.

Introducción

En México, para el 2019 existían más de 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares, de los cuales cerca del 90% correspondía a teléfonos inteligentes o *Smartphones*. El 45% de la

¹Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Posgrado en Innovación en el Manejo de Recursos Naturales. Salinas de Hidalgo, CP 78620, San Luis Potosí, México.

*Autor para la correspondencia: gerardo.loera@colpos.mx

población en el medio rural tuvo acceso a los teléfonos celulares. Sin embargo, el principal uso de estos equipos es el entretenimiento (1). Esta disponibilidad de dispositivos móviles puede representar un área de oportunidad para llevar el conocimiento y tecnología a las zonas de producción agrícola. La combinación de la potencia de procesamiento de los teléfonos inteligentes con los modelos de aprendizaje reforzado (*Deep Learning*) como las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) puede ser una alternativa, relativamente económica para los productores, para la identificación y clasificación de enfermedades en diversos cultivos (2). El objetivo del presente trabajo fue conocer los principales modelos de *Deep Learning* utilizados para la identificación autónoma con teléfonos inteligentes en el área de la agricultura, en los últimos dos años.

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación documental sobre aquellas publicaciones donde se han utilizado teléfonos inteligentes en combinación con modelos de autoaprendizaje para la identificación autónoma en el área agrícola, en los últimos dos años.

Resultados y Discusión

El uso de modelos de aprendizaje autónomo directamente en teléfonos inteligentes se ha enfocado en la identificación en campo de enfermedades en diversas especies agrícolas, estado de madurez y detección de frutos. Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) son el modelo de mayor aplicación en este campo de investigación y proporcionan resultados con una exactitud cercana al 99%.

Existen diversas arquitecturas de CNN, pero el algoritmo básico se puede concentrar en dos etapas; el aprendizaje de características y la clasificación (Figura 1). En el aprendizaje de características se aplican los filtros de convolución, la reducción de dimensiones (*Pooling*) y la rectificación con la función ReLU, estos procesos pueden aplicarse más de una vez. Las características obtenidas de la imagen se envían a un modelo de clasificación en formato de vector con la operación "*Flatten*". Como resultado se obtiene la probabilidad de que la imagen corresponda a cada una de las categorías empleadas en el entrenamiento.

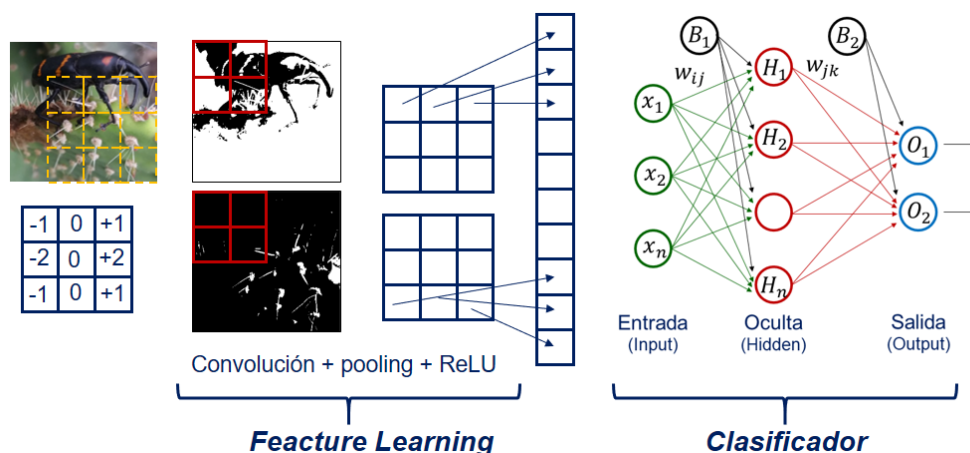


Fig. 1. Ejemplo de una red neuronal convolucional.

Dentro de las herramientas utilizadas para crear o entrenar las CNN se encuentra *TensorFlow*® la cual es de libre acceso y cuenta con diversas librerías que facilitan la aplicación y exportación de los modelos, para su implementación directa en dispositivos móviles (Tabla 1).

Tabla 1. Algunos ejemplos de identificación autónoma con teléfonos inteligentes.

Identificación	Modelo	Herramienta	Exactitud (%)
Maduración artificial (<i>Musa sp.</i>) [3]	CNN	OpenCV/Tensorflow	97.0
Estado de madurez (Café) [4]	KNN	-----	95.5
Estado de madurez (Aguacate) [5]	ANN	OpenCV	88.0
Frutos de kiwi (Rendimiento) [6]	CNN	Tensorflow	72.8
Enfermedades (Diversas especies) [7]	CNN	Tensorflow	96.0
Enfermedades en <i>solanaceae</i> [8]	CNN	Tensorflow	99.0
Enfermedades (Diversas especies) [9]	CNN	Tensorflow	80.0
Enfermedades (Cítricos) [2]	CNN	TensorFlow	99.0

Conclusiones

El uso de herramientas como *TensorFlow*® permite implementar modelos de aprendizaje profundo, como las Redes Neuronales Convolucionales, en teléfonos inteligentes. Con esto se aprovechan las cualidades de dispositivos móviles para lograr identificaciones autónomas de diversas variables en campo con exactitud aceptable y costo relativamente bajo.

Referencias Citadas

1. IFT. (2020). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares. Disponible en: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/en-mexico-hay-806-millones-de-usuarios-de-internet-y-865-millones-de-usuarios-de-telefonos-celulares>.
2. Barman, U., Choudhury, R. D., Sahu, D. and Barman G. G. (2020). Comparison of convolution neural networks for smartphone image based real time classification of citrus leaf disease. *Comput. Electron. Agric.* 177(2020). 105661.
3. Vaviya, H., Yadav, A., Vishwakama, V. and Shah, N. (2019). Identification of Artificially Rippeened Fruits using Machine Learning. 2nd International conference on Advances in Sciences and technology.
4. Sudana, O., D. Witarasyah, A. Putra and S. Raharja. (2020). Mobile Application for identification of Coffee Fruit Maturity using Digital Image Processing. *IJASEIT*. 10(3): 980-986.
5. Jaramillo-Acevedo, C. A., Choque-Valderrama, W. E., Guerrero-Álvarez, G. E. and Menesse-Escobar, C. A. (2020). Hass avocado ripeness classification by mobile devices using digital image processing and ANN methods. *Int. J. Food Eng.* (published online ahead of print 2020).
6. Bimorogo S. D. and Kusuma G. P. (2020). A Comparative Study of Pretrained Convolutional Neural Network Model to Identify Plant Diseases on Android Mobile Device. *IJATCSE*. 9(3): 2824-2833.

7. Fu L., Liu Z., Majeed Y. and Cui Y. (2020). Kiwi yield estimation using image processing by Android mobile phone. IFAC.
8. Li Z., Yang Y., Li Y., Guo R., Yang J. and Yue J. (2020). A solanaceae disease recognition model based on SE_Iception. Comput. Electron. Agric. 178, 105792.
9. Xiong Y., Liang L., Wang L., She J., and Wu M. (2020). Identification of cash crop diseases using automatic image segmentation algorithm and deep learning with expanded dataset. Comput. Electron. Agric. 177, 105712.

Efecto de Acibenzolar-s-metil en la síntesis de fenoles en plantas de frijol y su acción en contra de *Rhizoctonia solani*

Landero-Valenzuela Nadia^{1*}
Hernández-García Rosa Isela¹
Lara-Viveros Francisco Marcelo¹

Resumen

Las enfermedades de la raíz en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) se encuentran asociadas a la presencia de hongos que habitan de manera natural en el suelo, entre los que destaca la especie *Rhizoctonia solani*. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de acibenzolar-s-metil en la síntesis de fenoles por plantas de frijol, y su efecto contra *Rhizoctonia solani*. Se establecieron dos experimentos, el primero para evaluar las concentraciones de fenoles en nueve tratamientos de hoja de frijol asperjados a 0.0, 0.1 y 0.2 mM de acibenzolar-s metil, colectadas a las 4, 8 y 11 horas después de la aplicación. En el segundo experimento se evaluó la acción antimicrobial de acibenzolar-s-metil en el desarrollo in vitro de *R. solani*, en 13 tratamientos, se utilizó un extracto de hoja de frijol previamente asperjadas a concentraciones de 0.1 y 0.2 mM de acibenzolar-s-metil y colectadas 4, 8 y 11 horas después de la aplicación, dicho extracto a concentraciones de 3 y 4% fue colocado en medio de cultivo PDA (Papa-Dextrosa-Agar), al cual se transfirió micelio de *R. solani* para medir la variable de crecimiento, posteriormente se realizó un registro de lecturas del crecimiento del micelio cada 24 horas. Los resultados obtenidos mostraron que la mayor concentración de fenoles se presentó en el tratamiento colectado cuatro horas después de la aplicación de acibenzolar-s-metil a concentración de 0.2 mM. El mejor tratamiento en el experimento dos fue el colectado ocho horas después de la aplicación de acibenzolar-s-metil a 0.2 mM con una concentración de extracto a 3%.

Palabras clave: Inducción de resistencia, patógenos, cultivos, inductor exógeno.

¹Centro de Investigación en Química Aplicada-Departamento de Biociencias y Agrotecnología; Saltillo, Coahuila. CP 25900, México.

*Autor para la correspondencia: nadia.landero@ciqa.edu.mx

Introducción

Uno de los principales problemas que presenta el cultivo de frijol en gran parte del país son las enfermedades como la pudrición de raíz causada por hongos de suelo que constituyen un grupo importante de microorganismos entre los que se encuentra la especie *Rhizoctonia solani* Kühn, causante de grandes afectaciones en numerosos cultivos, entre los que se destaca el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Para su control se han empleado métodos que incluyen resistencia varietal, labores culturales, prácticas de control biológico como una medida en el tratamiento de la semilla y el suelo (1).

En México como en gran parte del mundo, el uso de plaguicidas es la práctica más utilizada, ya que son productos químicos de gran influencia en la agricultura para proteger a los cultivos contra insectos, hongos, malezas y otras plagas. Sin embargo, los plaguicidas son potencialmente tóxicos para los seres humanos. Pueden tener efectos perjudiciales para la salud, por ejemplo, provocar cáncer o acarrear consecuencias en los sistemas reproductivo, inmunitario o nervioso (2). El uso cotidiano de esos químicos contribuye a la crisis de la agricultura que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales, y afecta la salud de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos. La búsqueda de la productividad a corto plazo por encima de la sustentabilidad ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad (3).

Actualmente existen alternativas de manejo preventivo a enfermedades que son más amigables con el medio ambiente y con la salud humana, basadas en los trabajos sobre respuestas inductoras de resistencia a las enfermedades en las plantas desarrollados por Ray y Beauverie a comienzos del siglo XX, los cuales demostraban que existía la posibilidad de que las plantas puedan protegerse del ataque de microorganismos patógenos mediante la activación de sus mecanismos de defensa (4).

Entre estas alternativas se encuentra la inducción de resistencia sistémica en cuyo proceso está involucrada la activación de los mecanismos naturales de defensa de las plantas mediante elicitores generados por los propios patógenos, por otros organismos o por sustancias químicas. La aplicación de productos químicos sintéticos puede activar procesos fisiológicos y bioquímicos propios de la planta y evitar o reducir el progreso de enfermedades. Entre estos compuestos destaca el acibenzolar S-metil (5). Es por ello que el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de acibenzolar-s- metil en la síntesis de fenoles en plantas de frijol (*P. vulgaris*) en contra de *R. solani in vitro*.

Materiales y Métodos

Se utilizó la variedad de frijol Negro Michigan, una cepa de *R. solani* fue aislada de raíces de frijol con síntomas característicos del patógeno. Se preparó una solución madre de acibenzolar-s-metil, de la cual se tomaron 0.4 y 0.8 ml, esto para cada una de las concentraciones, las cuales fueron de 0.1 y 0.2 mM.

Utilizando un atomizador con capacidad de 1L, se asperjaron un total de 45 plantas de frijol (15 plantas por tratamiento), a diferentes concentraciones 0, 0.1 y 0.2 mM. de acibenzolar-s-metil, cuatro horas después de la aplicación se colectaron 15 hojas en tres diferentes plantas por tratamiento (3 repeticiones), estas se maceraron, en morteros utilizando nitrógeno líquido con la finalidad de detener el metabolismo de las hojas, dicho procedimiento se repitió a las 8 y 11 horas después de la aplicación. Finalmente se pesó 1g de cada una de las muestras de hojas maceradas de los diferentes tratamientos y se agregaron 4 ml de etanol,

las muestras se colocaron dentro tubos de vidrio para posteriormente ser analizados en el espectrofotómetro de UV visible.

Utilizando una pipeta graduada de 10 ml se tomó 1ml de la concentración, a la cual se le agregaron 3 ml de etanol, posteriormente se filtraron para obtener 2 ml de la muestra la cual fue aforada a 40ml, dicho procedimiento se realizó con cada uno de los. Subsecuentemente y utilizando celdas de 10 ml se colocó la muestra hasta la marca sugerida. Finalmente se ingresó al espectrofotómetro DR-6000 UV Vis, para medir absorbancia, para lo cual se utilizó α máxima=307 nm.

Para la elaboración del extracto se colectaron de cada tratamiento, 30g de hojas de frijol, cuatro horas después de la aplicación de acibenzolar-s-metil a 0.1 y 0.2 mM. Las hojas se colocaron en frascos de vidrio a los cuales se agregaron de 300 ml de metanol, dicho procedimiento se repitió a las 8 y 11 después de aplicación, dejando reposar durante 72 horas, evitando la luz solar. Posteriormente el extracto fue filtrado y procesado en el rotavapor, con la finalidad de retirar el metanol del extracto de frijol previamente tratado. Subsecuentemente se preparó medio de cultivo PDA, para 13 tratamientos con cuatro repeticiones respectivamente, el extracto en concentraciones de 3 y 4 % fue colocado en el medio de cultivo antes de ser llevado a cajas Petri, esto se realizó con cada uno de los tratamientos de 0.1 y 0.2 mM. de acibenzolar-s-metil, colectados a las 4, 8 y 11 horas después de la aplicación excepto el testigo absoluto, posteriormente habiendo vaciado cada uno de los tratamientos en cajas de Petri, se procedió a sembrar el hongo *R. solani* para evaluar la variable de crecimiento micelial utilizando un vernier digital marca Truper, se midió el crecimiento micelial de *R. solani*, la primera lectura se realizó 24 horas después de la transferencia y para la última se tomó como referencia el 100% del crecimiento del testigo absoluto.

Las abreviaciones para los tratamientos fueron T1C0.1H4=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.1 mM de acibenzolar-s-metil, colectadas cuatro horas después de la aplicación, T2C0.2H4=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.2 mM de acibenzolar-s-metil, colectadas cuatro horas después de la aplicación, T3TAH4=Hojas de frijol sin tratar, colectadas cuatro horas después de la aplicación, T4C0.1H8=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.1 mM de acibenzolar-s-metil ,colectadas ocho horas después de la aplicación, T5C0.2H8=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.2 mM de acibenzolar-s-metil, colectadas ocho horas después de la aplicación, T6TAH8=Hojas de frijol sin tratar, colectadas ocho horas después de la aplicación, T7C0.1H11=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.1 mM de acibenzolar-s-metil, colectadas once horas después de la aplicación, T8C0.2H11=Hojas de frijol tratadas a una concentración de 0.2 mM de acibenzolar-s-metil colectadas once horas después de la aplicación, T9TAH11=Hojas de frijol sin tratar colectadas once horas después de la aplicación.

Los datos de la variable de crecimiento micelial de *R. solani*, fueron procesados mediante el cálculo de áreas bajo la curva de progreso del crecimiento micelial, por el método de polígonos, y posteriormente sometidos a análisis de varianza, mediante el programa Statistical Analysis Sistem, versión 9 para Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Resultados y Discusión

Crecimiento micelial. Al analizar los datos de ABCPCM (área bajo la curva del progreso del crecimiento micelial) se encontró diferencia estadística significativa entre el tratamiento T5C0.2H8 y el TA, mientras que el tratamiento que muestra el mayor crecimiento micelial solo después del testigo absoluto es el T4C0.1H8, el resto de los tratamientos presentan un

comportamiento similar. Lo anterior indica que acibenzolar-s metil, brinda un mayor efecto en la inhibición de *R. solani* ocho horas después de la aplicación a concentración de 0.2 mM.

En cuanto a la concentración de fenoles en las plantas de frijol se encontró que con el tratamiento T2C0.2H4 presentó diferencia estadística significativa con el testigo al cual no se le hizo aplicación de acibenzolar-s-metil, además de mostrar la menor concentración de fenoles comparado con el resto de los tratamientos. Lo anterior indica que las concentraciones de fenoles en plantas de frijol obtienen su pico a partir de las cuatro horas después de la aplicación de acibenzolar-s-metil a 0.2 mM (Tabla 1).

Tabla 1. Medias de concentración de fenoles en plantas de frijol previamente asperjadas con acibenzolar-s-metil.

Tratamientos	Medias de concentración de fenoles (absorbancia)
T2C0.2H4	0.33433 a*
T5C0.2H8	0.32067 ba
T1C0.1H4	0.31533 ba
T4C0.1H8	0.27767 bac
T7C0.1H11	0.27300 bac
T8C0.2H11	0.24867 bdc
T3TAH4	0.22767 dc
T6TAH8	0.20767 dc
T9TAH11	0.18300 d
R ²	0.832
Pr	(<0.0001)

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey (P<0.05).

Conclusiones

La síntesis de fenoles en plantas de frijol tratadas a concentración de 0.2 mM de acibenzolar-s-metil mostró una mayor concentración de estos metabolitos en plantas tratadas cuatro horas después de la aplicación. Acibenzolar-s-metil a concentración de 0.2 mM muestra una acción antimicrobial de acuerdo con los resultados obtenidos del experimento in vitro sobre el desarrollo de *R. solani*.

Referencias Citadas

1. Díaz, M., Quintero, E., Bernal, A. y Reinaldo, Y. (2005). Las enfermedades causadas por hongos del suelo en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Centro Agrícola. (4):43-46.
2. OMS (Organización mundial de la salud) (mayo de 2016). Residuos de plaguicidas en los alimentos. Obtenido de <http://www.who.int/features/qa/87/es/>
3. Del Puerto, A., Suárez, S., y Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 16(2):372-387.
4. Gómez, D. y Reis, E. (2011). Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. Revista Química Viva.

5. Cosme, Y., Guzmán, R. A., Islas, S., Torres, T. y Pérez, D. (2015). Efecto del acibenzolar S-metil en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum*) infectadas con *Phytophthora capsici* en diferentes edades. Revista Mexicana de Fitopatología. (17):156-172.

Uso de antioxidantes en el secado por liofilización de pulpa de aguacate

Rosas-Flores Nallely^{1*}
Saucedo-Veloz Crescenciano¹
Saucedo-Reyes Daniela¹

Resumen

La elevada perecibilidad del aguacate, así como la oxidación de la pulpa que afecta la calidad del mismo, ha obligado a emplear nuevas técnicas de conservación del fruto que inhiban el oscurecimiento enzimático y que incrementen su vida de anaquel sin afectar su calidad. La deshidratación es una de las técnicas que se han empleado para resolver los problemas durante el manejo postcosecha; por lo que se ha optado por tecnologías como la liofilización con la finalidad de evitar la degradación de la pulpa. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto de compuestos antioxidantes ácido ascórbico, ácido cítrico y su combinación, en el control del oscurecimiento enzimático de la pulpa de aguacate previo al proceso de liofilización. Para lo cual, se cosecharon frutos de aguacate ‘Hass’ y ‘Méndez’, se maduraron a 20°C y se obtuvieron rebanadas. Un lote se dejó intacto y en otros tres se usaron soluciones de antioxidantes (500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico, 500 mg L⁻¹ de ácido cítrico y 500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico + 500 mg L⁻¹ de ácido cítrico). Las variables evaluadas fueron índices de oscurecimiento, contenido de carotenoides totales y fenoles totales. Los resultados mostraron que la combinación de 500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico + 500 mg L⁻¹ de ácido cítrico inhibe de forma significativa el oscurecimiento de la pulpa de aguacate en las rebanadas del cultivar Méndez.

Palabras clave: Ácido ascórbico, ácido cítrico, índice de oscurecimiento, *Persea americana*.

Introducción

La elevada perecibilidad del aguacate, dada por su comportamiento de tipo climatérico y su elevada producción de etileno, así como por su susceptibilidad a daños por frío durante el

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo PREGEP-Fruticultura. Carretera México-Texcoco km 36.5 C.P. 56230, Estado de México, México.

*Autor para la correspondencia: nallely.rosas@colpos.mx

manejo postcosecha y la oxidación de la pulpa que afecta la calidad del mismo, ha obligado a emplear nuevas técnicas de conservación del fruto que inhiban el oscurecimiento enzimático y que incrementen su vida de anaquel sin afectar su calidad. La deshidratación es una de las técnicas que se han empleado para resolver los problemas durante el manejo postcosecha; sin embargo, los métodos convencionales de secado son inadecuados por la degradación que le causa a la pulpa (1).

La liofilización es una de las alternativas que ofrece calidad al mantener las propiedades mecánicas y sensoriales asociadas a los componentes volátiles de los alimentos; sin embargo, este proceso es dependiente del grado de madurez del fruto y tipo de congelación empleada antes del proceso, ya que influye en la textura del producto liofilizado (2-4). La disminución de la actividad de agua de un producto liofilizado es una de las principales ventajas que ofrece esta técnica, ya que se disminuyen los problemas microbiológicos y se inhiben las reacciones bioquímicas, excepto las de oxidación. A pesar de lo anterior, es de importancia asegurar la calidad, es decir se deben garantizar buenas prácticas de elaboración del producto. Las tendencias actuales indican que el consumo de productos de conveniencia (fácil de adquirir, preparar, consumir), saludables y que otorguen un sabor agradable, se incrementa (5), por lo que los productos liofilizados pueden ser una opción, en este caso, a partir de aguacate 'Hass' y 'Méndez' ya que este fruto posee, además de capacidad antioxidante y ácidos grasos insaturados, compuestos nutraceuticos tales como, vitamina E, luteína y β -sitosterol, los cuales tienen una influencia positiva sobre los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto de los compuestos antioxidantes ácido ascórbico, ácido cítrico y su combinación, en el control del oscurecimiento enzimático de la pulpa de aguacate previo al proceso de liofilización.

Materiales y Métodos

Se cosechó aguacate 'Hass' (251.76 g peso y 23.67 % materia seca) y 'Méndez' (244.13 peso y 22.52 % materia seca) en un huerto comercial en el estado de Michoacán, México. Para su maduración, se almacenaron a 20 °C durante 7 días. Una vez alcanzada la madurez de consumo se procedió a obtener rebanadas de 5 mm de grosor, posteriormente se dividieron en cuatro lotes de 60 rebanadas cada uno: un lote se dejó intacto, (T0), otro se trató con una solución de 500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico (T1), el siguiente se empleó una solución de 500 mg L⁻¹ de ácido cítrico (T2) y finalmente, se usó una solución conformada por 500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico + 500 mg L⁻¹ de ácido cítrico (T3), las rebanadas se sumergieron por un minuto en las soluciones. Inmediatamente, se colocaron en nitrógeno líquido (-195°C), luego de 15 minutos se trasladaron a congelación de -64°C, hasta su secado por liofilización (16 Pa y -47.0°C por 72 horas).

Una vez liofilizadas las rebanadas se evaluó el porcentaje de oscurecimiento (BI) de acuerdo al método propuesto por Souza et al. (6). La extracción de carotenoides totales se hizo a partir del método sugerido por Acacio-Chirino et al. (7), la cuantificación se realizó a 454 nm y los resultados se expresaron como μg de β -caroteno g⁻¹ en peso seco. El contenido de fenoles totales (FT) se llevó a cabo según el método propuesto por Pío-León et al. (8), los resultados se reportaron como mg de ácido gálico 100 g⁻¹ en peso seco (mg AG 100 g⁻¹ ps). Para el análisis estadístico, se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x4 [cultivar (Hass y Méndez) y antioxidante (T0, T1, T2 y T3)] asimismo se realizó una comparación de medias Tukey con un nivel del 95.0% de confianza. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS software versión 9.0.

Resultados y Discusión

El color es un atributo importante en la calidad de un alimento debido a que influye en la aceptación del consumidor; además indica cambios naturales en frutos frescos o transformados; sin embargo, un fruto deshidratado puede mostrar reacciones de oscurecimiento durante el secado (9). El índice de oscurecimiento se utiliza para caracterizar los cambios generales en el color por pardeamiento y es uno de los indicadores más comunes de oscurecimiento en productos alimenticios que contienen azúcar (10). En la Tabla 1 se observan diferencias significativas por efecto de los antioxidantes en el BI; las rebanadas de ambos cultivares tratadas con la combinación de antioxidantes, mostraron un menor BI. Shrestha et al. (11) encontraron una respuesta similar en rodajas de manzana sumergidas en una solución al 1% ácido ascórbico + 1% ácido cítrico reportando una disminución en el desarrollo del color marrón.

Tabla 1. Índice de oscurecimiento, contenido de carotenoides totales y fenoles totales en rebanadas de aguacate ‘Hass’ y ‘Méndez’ liofilizado.

Cultivar	Tratamiento	Índice de oscurecimiento (%)	Carotenoides totales (μg de β -caroteno g^{-1} ps)	Fenoles Totales (mg AG 100 g^{-1} ps)
Hass	T0	30.09 a	58.87 c	219.94 c
	T1	26.96 bc	108.54 a	267.28 ab
	T2	28.38 b	69.49 b	284.01 ab
	T3	24.73 de	61.50 bc	277.54 ab
Méndez	T0	27.95 b	42.73 d	200.98 c
	T1	25.67 cd	37.96 d	259.75 b
	T2	27.71 b	35.51 d	267.90 ab
	T3	23.49 e	40.45 d	294.60 a

ps: peso seco. Medias \pm DE, n = 5. Valores con diferente letra dentro de la misma columna son estadísticamente distintos con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Respecto al contenido de carotenoides, se observa un máximo valor significativo en los frutos Hass tratados con 500 mg L^{-1} ácido ascórbico; mientras que en los tratamientos del cv. Méndez el contenido de estos compuestos resultaron significativamente menores respecto a ‘Hass’ (Tabla 1). Aunque un producto liofilizado permite estabilidad microbiológica, los atributos químicos y físicos pueden verse comprometidos ya que la elevada porosidad y el bajo contenido de agua hacen más accesible la interacción entre los solutos y el oxígeno al final del proceso favoreciendo la oxidación de compuestos bioactivos, como carotenoides (12).

En cuanto al contenido de fenoles totales se observa, en ambos cultivares, que en aquellas muestras donde se empleó antioxidante hubo una retención significativa de estos compuestos con respecto a T0 (Tabla 1). En las rebanadas sumergidas en solución de 500 mg L^{-1} ácido ascórbico + 500 mg L^{-1} ácido cítrico se encontró el mayor contenido de fenoles totales, este comportamiento se debe principalmente a que el ácido ascórbico actúa como inhibidor de la polifenol oxidasa (PPO) previniendo el pardeamiento enzimático por la reducción de o-quinonas a o-difenoles no coloreados; asimismo el ácido cítrico mantiene el pH por debajo del punto óptimo de actividad catalítica de la enzima (PPO) inhibiendo su efecto (13).

Conclusiones

El uso de una solución de 500 mg L⁻¹ ácido ascórbico + 500 mg L⁻¹ ácido cítrico previo a la liofilización, actuó de manera positiva impidiendo el oscurecimiento de las rebanadas de aguacate del cultivar Méndez; asimismo, en el mismo cultivar, permitió una retención mayor de los fenoles totales lo que se traduce en una inhibición de la actividad de la enzima PPO.

Referencias Citadas

1. Arriola-Guevara E., García-Herrera T., Guatemala-Morales G. M., Nungaray-Arellano J., González- Reynoso O. & Ruíz-Gómez J.C. (2006). Comportamiento del aguacate 'Hass' liofilizado durante la operación de rehidratación. *Rev. Mex. Ing. Quim.* 5: 51-56.
2. Esteller M.S., Pitombo R.N.M. & Lannes S.C.S. (2005). Effect of freeze-dried gluten addition on texture of hamburger buns. *J. Cereal Sci.* 41: 19-21.
3. Marques L.G., Silveira A.M. & Freire J.T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Dry. Technol.* 24: 457-463.
4. Castro-Ríos K. (2011). *Tecnología de alimentos*. Colombia: Ediciones de la U. ProQuest ebrary.
5. Clementz A. & Delmoro, J. (2011). Snacks frutales. *INVENIO*, 14 (27): 153-163.
6. Souza D.S., Marques L.G., Gomes E.B. & Narain N. (2015). Lyophilization of Avocado (*Persea americana* Mill.): Effect of Freezing and Lyophilization Pressure on Antioxidant Activity, Texture, and Browning of Pulp, *Dry. Technol.* 33(2): 194-204.
7. Acacio-Chirino N.J., Zumalacárregui-de-Cárdenas L. M., Almera-Medina J.C., Barreno-Medina D. M., Betancourt-Betancourt R. A., Colina-Luchón R. L. & Araujo-Blanco J. A. (2013). Desarrollo de un procedimiento para la extracción de β -caroteno y glicerol a partir de la microalga *Dunaliella sp.* en la salina Las Cumaraguas. *Rev. Cuba Quim.* 25 (2): 214-228.
8. Pío-León J.F., Díaz-Camacho S.P., Montes-Avila J., López-Angulo G. & Delgado-Vargas F. (2012). Nutritional and nutraceutical characteristics of white and red *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth fruits. *Fruits*, 68(5): 397-408.
9. Tsami E. & Katsioti M. (2000). Drying kinetics for some fruits: predicting of porosity and color during dehydration. *Dry. Technol.* 18 (7): 1559-1581.
10. Djekic I., Tomic N., Bourdoux S., Spilimbergo S., Smigic N., Udovicki B., Hofland G., Devlieghere F. & Rajkovic A. (2018). Comparison of three types of drying (supercritical CO₂, air and freeze) on the quality of dried apple – Quality index approach. *LWT- Food Sci. Technol.* 94: 64-72.
11. Shrestha L., Kulig B., Moschetti R., Massantini R., Pawelzik E., Hensel O. & Sturm B. (2020). Optimisation of Physical and Chemical Treatments to Control Browning Development and Enzymatic Activity on Fresh-cut Apple Slices. *Foods*, 9(1):1-21.
12. Silva-Espinoza M. A., Ayed A., Foster T., Camacho M. M. & Martínez-Navarrete N. (2019). The Impact of Freeze-Drying Conditions on the Physico-Chemical Properties and Bioactive Compounds of a Freeze-Dried Orange Puree. *Foods*, 9 (32):1-15.
13. Ali H. M., El-Gizawy A. M., El-Bassiouny R. E. & Saleh M. A. (2015). Browning inhibition mechanisms by cysteine, ascorbic acid and citric acid, and identifying PPO-catechol-cysteine reaction products. *J. Food Sci. Technol.* 52(6): 3651-3659.

Fijación de nitrógeno y solubilización de fosfato por rizobacterias nativas de caña de azúcar con uso potencial en técnicas de agricultura sostenible

Torres-Solórzano Patricia^{1*}

Luna-Cruz Alfonso¹

Altamirano-Hernández Josué¹

Resumen

En los últimos años, se ha recurrido al uso frecuente de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como una alternativa a la agricultura convencional, la cual ha puesto en riesgo una productividad sostenible. Dichos microorganismos interactúan con plantas a través de diversos mecanismos y les brindan beneficios sobre el rendimiento y calidad. En la presente investigación se evaluó el efecto de tres bacterias rizosféricas con potencial para promover el crecimiento a través de la fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfato, cuya actividad se determinó en prácticas de laboratorio empleando métodos cualitativos. Así mismo, se evaluó el porcentaje de germinación, el peso fresco de brotes y raíces, así como el área foliar de plántulas de jitomate saladette inoculadas con cada una de las bacterias, designadas como ACJ-014, C1-014 y C1-015. La inoculación no mostró diferencias significativas en el porcentaje de germinación. Sin embargo, las tres bacterias lograron un aumento en los parámetros evaluados, donde C1-014 incrementó el peso fresco de raíces de forma significativa, mientras que ACJ-014 mostró un efecto estadísticamente significativo, tanto en el peso fresco de brotes como en el aumento de área foliar. Los resultados sugieren que las bacterias evaluadas en este estudio tienen el potencial de ser utilizadas en nuevas prácticas de agricultura sostenible.

Palabras clave: bacterias benéficas, desarrollo vegetal, biotecnología agrícola.

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Morelia, 58060, Mexico.

*Autor para la correspondencia: patitorress056@gmail.com

Introducción

El rápido y constante crecimiento demográfico es un tema que ha tomado gran importancia y preocupación para los investigadores de las últimas décadas. Entre los años 1950 a 2020, la población aumentó de 2.600 a 7.700 millones de personas. Así mismo, la Organización de las Naciones Unidas estima que para el 2050, el planeta haya alcanzado un total de 10.000 millones de habitantes (1), incrementando el consumo per cápita y, con ello, la necesidad de implementar estrategias que garanticen la seguridad alimentaria. Una investigación realizada por Kastner et al. (2) sugieren que, para abastecer la demanda mundial de alimentos, la superficie de tierra de cultivo tendría que duplicarse para ese año o se requeriría un marcado incremento del rendimiento (2,3). Sin embargo, la expansión, así como la intensificación de las superficies cultivables es una de las principales causas de disminución de la biodiversidad a través de la pérdida y alteración del hábitat natural (4). Además, las técnicas agrícolas convencionales que se emplean para incrementar la producción por unidad de superficie implican el uso intensivo de fertilizantes inorgánicos (5) que ponen en riesgo una productividad sostenible, puesto que generan graves problemas, no solo a la salud humana, sino también a la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, limitando su potencial agrícola, así como ejerciendo presión sobre los recursos naturales (6). Consecuentemente, cada vez es mayor el requerimiento de energía suministrada de forma externa, con el fin de compensar la pérdida de fertilidad de los suelos, estimándose que el consumo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados incrementará en un 172% y 175%, respectivamente para mediados del siglo (5).

Los problemas de contaminación generados por la agricultura son a menudo subestimados. La agricultura es una de las principales causas del cambio climático y, al mismo tiempo, se vuelve vulnerable a su impacto (7). La contaminación por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos o cuando se eliminan de la superficie del suelo por arrastre debido al agua o a través de la volatilización antes de que puedan ser absorbidos (8). Ejercen consecuencias negativas sobre los diferentes ecosistemas naturales. Por ejemplo, producen alteraciones en el suelo que implican erosión, acidificación, acumulación de metales pesados, compactación, pérdida de materia orgánica, salinización, encharcamiento, etc. (9). La agricultura es también una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero como óxido nitroso, amoníaco, metano y dióxido de carbono, aportando alrededor del 10-12% de total (10). Además, es el principal productor de aguas residuales que se descargan en los mantos acuíferos, depositando grandes cantidades de agroquímicos nitrogenados y fosfatados (11).

El nitrógeno es considerado el nutriente más importante para lograr altos rendimientos en la agricultura. Las formas disponibles para los cultivos proceden de la materia orgánica, nitratos aportados por la lluvia, abonos verdes o de fertilizantes comerciales. Sin embargo, los cultivos solo absorben en promedio el 50% del nitrógeno aplicado mientras que el resto se pierde en procesos de desnitrificación o lixiviación de nitratos o por volatilización en forma de amoníaco, así como su fijación sobre las arcillas (12, 13). A nivel mundial, las tierras agrícolas reciben anualmente cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales, de las cuales, alrededor del 20 por ciento terminan acumulándose en los suelos y la biomasa, mientras que el 35 por ciento acaba en los océanos (11).

El fósforo es también un factor clave para el crecimiento de plantas y, por tanto, para la producción de alimentos (12). Sin embargo, los suelos agrícolas contienen grandes reservas de fósforo acumulado por la aplicación de fertilizantes fosfatados que se inmovilizan rápidamente después de la aplicación y se convierte en formas no disponibles para las plantas, ya que suele precipitarse en fosfatos insolubles de calcio, hierro o aluminio y es propenso a

ser retenido por diversos componentes del suelo (14). Se estima que solo alrededor del 20% del fósforo aplicado es utilizado por las plantas mientras que el resto se acumula en los suelos (10). El exceso de fósforo en el suelo facilita su exportación por escorrentía hacia los cuerpos de agua, donde es el principal responsable del proceso de eutrofización, en el cual, las aguas superficiales se enriquecen de nutrientes que favorecen la proliferación de algas y plantas acuáticas, restringiendo considerablemente la luz a los organismos que habitan en capas inferiores, dando lugar a la pérdida de biodiversidad (5).

Con el objetivo de generar mejores rendimientos de los cultivos, a la vez que se reduce el impacto sobre el ambiente, las investigaciones se han enfocado en el desarrollo de nuevas técnicas de agricultura que aseguren el manejo responsable y la disponibilidad de los recursos a largo plazo, no solo garantizando la seguridad alimentaria, sino también proporcionando alimentos de alta calidad nutricional e inocua. Esta nueva forma de producción se define como agricultura sostenible (15). Desde 1978, cuando Kloepper introdujo el término Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) para describir a las bacterias que habitan en la rizósfera y que afectan positivamente el crecimiento y productividad (16), surgieron prácticas innovadoras para la actividad agrícola que incluyen el desarrollo de bioformulaciones a base de microorganismos benéficos del suelo que permiten la optimización de productos que resultan nocivos para el ambiente (17). Se han reportado distintos géneros de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, tales como *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Klebsiella* y *Serratia* (18) (19).

Uno de los principales mecanismos de las bacterias promotoras del crecimiento, es la fijación biológica de nitrógeno. Las plantas absorben el nitrógeno en forma de iones de amonio y nitrato a través de su sistema radicular (12). Cerca del 78% del N se encuentra en la atmósfera en forma de N₂, pero necesita su conversión en amoníaco para ser asimilado por las plantas en un proceso denominado fijación biológica de nitrógeno. Este proceso se limita a bacterias denominadas diazotróficas que, a diferencia de las plantas, poseen un complejo enzimático de nitrogenasa que catalizan esta reacción (20).

Por otro lado, las plantas absorben el fósforo en forma de aniones ortofosfóricos: mono o divalentes (iones HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, PO₄³⁻) (12). El fósforo orgánico procedente de restos vegetales y animales es adsorbido sobre las arcillas, mientras que el fósforo inorgánico se encuentra formando parte de minerales de hierro, calcio o aluminio altamente insolubles. La solubilización se puede producir por dos mecanismos diferentes: por la acidificación del medio por parte de las bacterias a través de la liberación de ácidos orgánicos como el acético, cítrico, fórmico, málico, glucónico y el 2-cetoglucónico o por la formación de complejos estables con los cationes unidos al fosfato. Se ha investigado que los ácidos orgánicos compiten con el fósforo por sitios de adsorción en el suelo y forman complejos estables con los cationes unidos al fosfato. El fósforo orgánico es liberado mediante la acción hidrolítica de enzimas fosfatasas (19, 21).

Aunque es grande el número de investigaciones que se ha realizado sobre el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, aún falta mucho por conocer sobre este tema. La siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inoculación de rizobacterias con capacidad para promover el crecimiento y desarrollo a través de la fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfato, utilizando el jitomate como modelo vegetal y determinar su potencial para ser utilizadas en futuras aplicaciones agrícolas.

Materiales y Métodos

Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Las bacterias empleadas se obtuvieron de muestras de suelo rizosférico de cultivos de caña de la región de Tarímbaro, Michoacán. Se trataron bajo la técnica de dilución seriada realizando las diluciones que se consideraron necesarias y se sembraron en agar soya tripticaseína (TSA) para el posterior aislamiento mediante la técnica de extensión superficial en placa. Se incubaron a 30°C durante 48 h y finalmente, se purificaron las colonias que presentaron morfología diferente.

Evaluación de características asociadas con la promoción del crecimiento. La capacidad fijadora de nitrógeno de las bacterias aisladas se evaluó de forma cualitativa siguiendo la metodología de Luna-Martínez et al. (21), inoculando por punción en tubos de microcentrífuga que contenían medio semisólido NFb libre de nitrógeno y se incubaron a 30°C durante 7 días. Las bacterias capaces de crecer en ausencia de nitrógeno mineral se manifestaron mediante el viraje del indicador presente en el medio, produciendo una coloración azul al aumentar el pH debido a los productos del proceso de fijación de nitrógeno atmosférico (22). La capacidad para solubilizar el fosfato se determinó utilizando el medio de cultivo National Botanical Research Institute's phosphate (NBRIP) desarrollado por Nautiyal en 1999 para la identificación de bacterias solubilizadoras de fosfato, el cual contiene fosfato tricálcico como fuente insoluble (23). Las bacterias se inocularon por punción y por triplicado en placas de agar y se incubaron a 30°C durante 14 días. Las bacterias que solubilizan el fosfato tricálcico generan un halo transparente alrededor de la colonia.

Inoculación de las semillas. Se seleccionaron tres rizobacterias designadas con las claves ACJ-014, C1-014 y C1-015 quienes presentaron las mejores características. La inoculación de semillas se realizó con base a la metodología seguida por Días-Vargas et al. (23); donde cada bacteria se sembró en 30 mL de caldo soya tripticaseína y se mantuvieron en agitación constante hasta obtener una concentración final de 108 células/mL. Se agregaron las semillas de jitomate previamente desinfectadas mediante lavados consecutivos con agua destilada estéril, solución de hipoclorito de sodio al 5.2% y solución etanólica al 70%. Se les agregó alginato de sodio para facilitar la adherencia de las bacterias y se mantuvieron en agitación durante 1 h. Como control se utilizaron semillas en agitación con medio de cultivo estéril (24).

Determinación del porcentaje de germinación. Por triplicado, se colocaron 20 semillas de jitomate inoculadas sobre una caja de Petri cubierta con una capa de algodón estéril humedecida con 5 mL de agua destilada estéril. Se sellaron con Parafilm y se mantuvieron a temperatura ambiente. El efecto sobre la germinación se reportó como el porcentaje de semillas germinadas a los 5 días.

Efecto de las rizobacterias en la fase de desarrollo inicial del jitomate. Las semillas inoculadas se sembraron en contenedores de plástico con sustrato Peat moss. Los ensayos se realizaron por triplicado y se colocaron en una zona con luz natural en un diseño completamente al azar. Se aplicó riego diario y se evaluó el peso fresco de brotes (PFB), peso fresco de raíces (PFR) y el área foliar (AF) de las plántulas de jitomate a los 20 días posteriores a la siembra.

Análisis de datos. Los datos se analizaron con el programa estadístico JMP® de SAS Statistical Discovery.TM mediante un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Los resultados de las pruebas de evaluación *in vitro* para determinar las características asociadas a la promoción del desarrollo mostraron que las bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno para su proliferación, puesto que solo disponían del nitrógeno contenido en la atmósfera de los microtubos. El proceso de fijación llevado a cabo por las bacterias se evidenció por su crecimiento en el medio carente de nitrógeno mineral, así como el viraje del indicador azul de bromotimol, dando lugar a una coloración azul, tal como lo reportan García *et al.* (24) (Fig. 2). El mismo autor demostró que la inoculación de microorganismos caracterizados como fijadores de nitrógeno en plantas de *Oryza sativa* L. permite disminuir la dosis de fertilizantes nitrogenados sin afectar su rendimiento (25), lo que destaca el potencial de las bacterias evaluadas para promover el crecimiento. Por otro lado, se evidenció su actividad solubilizadora de fosfato tricálcico al observarse halos translúcidos alrededor de la colonia en medio NBRIP (Fig. 2) (23), lo cual sugiere que su uso podría optimizar la aplicación de fertilizantes a base de fosfatos debido a su capacidad para utilizar compuestos fosfatados acumulados en el suelo en formas insolubles.

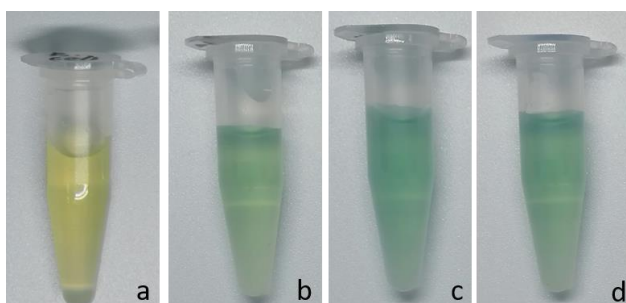


Fig. 1. Fijación biológica de nitrógeno por rizobacterias aisladas de caña. Imágenes representativas de las rizobacterias en medio NFb. a) Testigo sin inocular. b) C1-015. c) C1-014. d) ACJ-014.

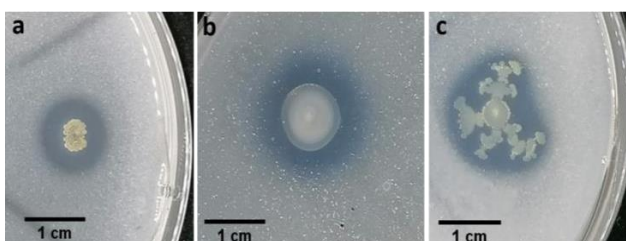


Fig. 2. Solubilización de fosfato por rizobacterias aisladas de caña. Imágenes representativas de bacterias inoculadas en medio NBRIP. a) C1-015. b) C1-014. c) ACJ-014. Barra de escala 1 cm.

Las bacterias potencialmente promotoras del crecimiento se inocularon sobre semillas y plántulas de jitomate saladette con el fin de evaluar sus efectos sobre la etapa inicial del cultivo. Los resultados obtenidos sobre la germinación mostraron que las tres bacterias aumentaron el porcentaje de germinación un 5% respecto a las semillas no inoculadas, sin embargo, no fue de forma significativa ($p \leq 0.05$) (Fig. 3).

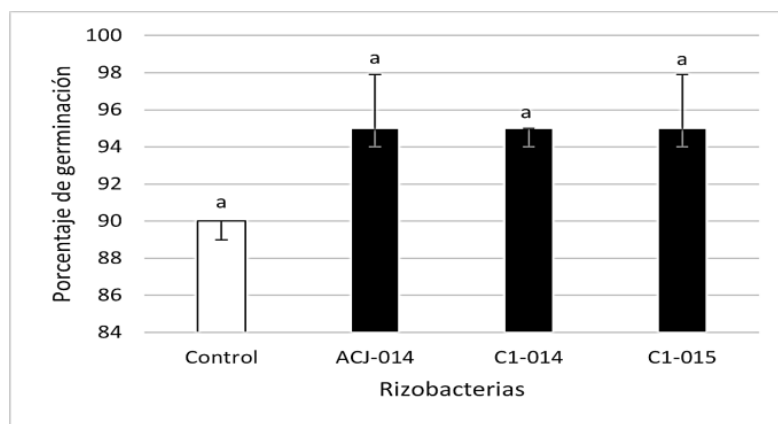


Fig. 3. Efecto de la inoculación de rizobacterias sobre la germinación de semillas de jitomate. Se inocularon 20 semillas por placa y se realizaron tres repeticiones. Las barras representan la media \pm error estándar. Las letras corresponden a las medias con diferencias significativas de acuerdo con el análisis de Tukey ($p < 0.05$).

Las tres bacterias influyeron positivamente en el desarrollo de las plántulas en los tres parámetros evaluados (Fig. 4, 5 y 6). En cuanto al peso fresco de raíces, C1-015 indujo un incremento del 51.3%, mientras que ACJ-014 y C1-014 incrementaron el peso en un 89.9% y 91.9%, respectivamente, siendo C1-014 la bacteria que se diferenció estadísticamente ($p \leq 0.05$) (Fig. 4). El peso de raíces es uno de los parámetros más importantes, puesto que su incremento se traduce en una mayor superficie de absorción de nutrientes como fósforo, nitrógeno y agua, y, por tanto, en un mejor desarrollo de la planta (26).

El valor más alto obtenido del peso de brotes fue debido a la inoculación con ACJ-014, quien lo aumentó significativamente ($p \leq 0.05$) en un 81.3% con respecto al testigo sin inocular, mientras que C1-014 y C1-015 alcanzaron un índice de efectividad del 49.8% y 48.5%, respectivamente (Fig. 5). En el caso del área foliar, nuevamente ACJ-014 fue significativamente superior ($p \leq 0.05$) comparada con el testigo, puesto que incrementó el área en un 62.1%. Sin embargo, pese a que C1-014 y C1-015 lograron un aumento del 32.16% y 32.13%, sus efectos no se consideran significativos según el análisis estadístico.

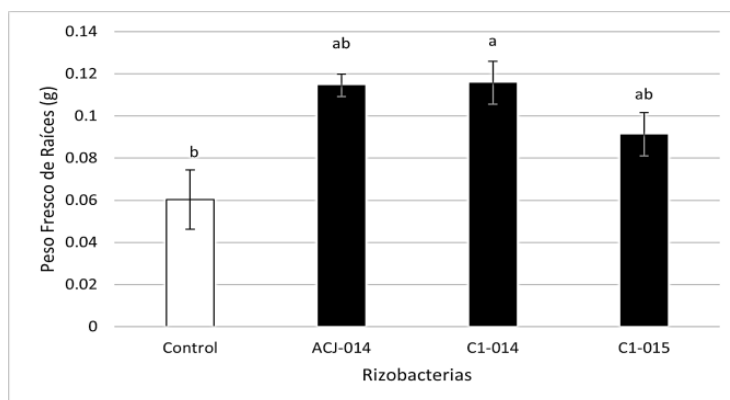


Fig 4. Efecto de la inoculación de rizobacterias en el peso fresco de raíces de plántulas de jitomate. Cada tratamiento se realizó por triplicado. Las barras representan la media \pm error estándar. Las letras corresponden a las medias con diferencias significativas de acuerdo con el análisis de Tukey ($p < 0.05$).

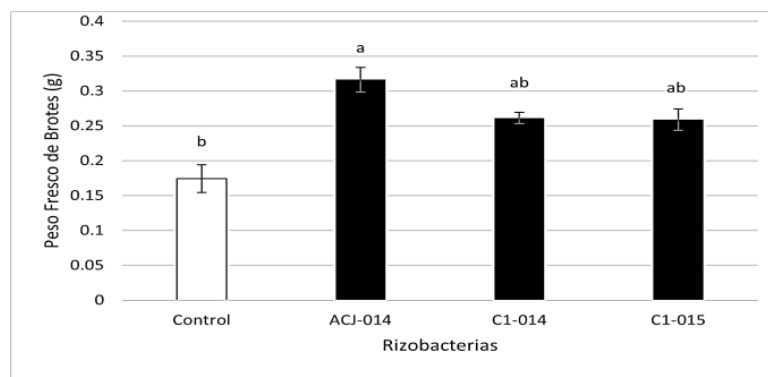


Fig. 5. Efecto de la inoculación de rizobacterias en el peso fresco de brotes de plántulas de jitomate. Cada tratamiento se realizó por triplicado. Las barras representan la media \pm error estándar. Las letras corresponden a las medias con diferencias significativas de acuerdo con el análisis de Tukey ($p < 0.05$).

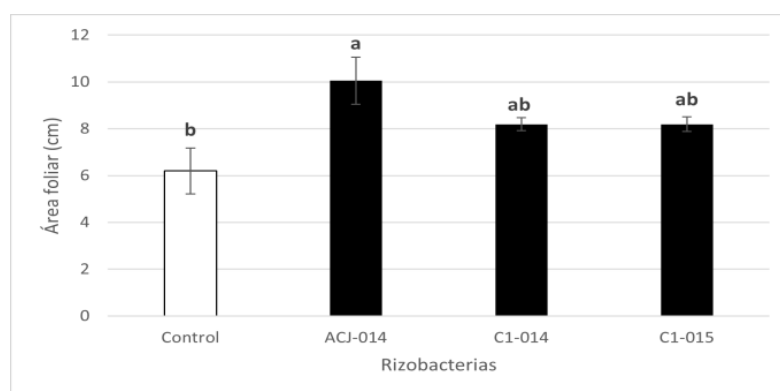


Fig. 6. Efecto de la inoculación de rizobacterias en el área foliar de plántulas de jitomate. Cada tratamiento se realizó por triplicado. barras representan la media \pm error estándar. Las letras corresponden a las medias con diferencias significativas de acuerdo con el análisis de Tukey ($p < 0.05$).

Conclusiones

Las rizobacterias evaluadas, no mostraron tener un efecto relevante sobre la germinación, sin embargo, C1-014 y ACJ-014 presentan características de promoción del crecimiento vegetal a través de la fijación de nitrógeno y la solubilización de fósforo, puesto que C1-014 influye en el incremento del peso fresco de la raíz mientras que ACJ-014 aumenta tanto peso fresco de los brotes, como el área foliar. Sin embargo, la estimulación del crecimiento puede deberse a la actividad conjunta con otros mecanismos que no se evaluaron en este trabajo, por lo que resulta importante llevar a cabo un estudio más exhaustivo para caracterizar todos los mecanismos que pudieran estar involucrados. Además, es necesario conducir la investigación hasta la etapa de producción para observar su efecto sobre el rendimiento y calidad del cultivo. Las pruebas realizadas en este trabajo conforman la base para el desarrollo de biofertilizantes como estrategia de producción con enfoque hacia una agricultura sostenible.

Agradecimientos

Agradezco extensamente a la Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología (SOMUCAAB, A.C.), a la Coordinación del programa de Maestría en Ciencias en Biología Experimental, al Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán (CIDAM), y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por impulsar la investigación científica y proporcionar los medios para su divulgación.

Referencias Citadas

1. ONU. (2020). Mundo · Población 1800-2100. Sitio web: <http://poblacion.population.city/world/>
2. Kastner, T., Rivas, M., Koch, W. & Nonhebel, S. (2012). Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(18): 6868–6872.
3. Bruinsma. (2009). How to Feed the World in 2050. Presented at Food and Agriculture Organization of the United Nations Economic and Social Development Department. Roma.
4. Landeros-Sánchez, C., Moreno-Seceña, J. C., Nikolskii, L. & Bakhlaeva, O. (2011). Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. En *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*. Primera edición.
5. Khan M.N., Mobin M., Abbas Z.K., & Alamri S.A. (2018) Fertilizers and Their Contaminants in Soils, Surface and Groundwater. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 225–240.
6. Burn, M. (2015). Food and nutrition insecurity: a major challenge for the Arab world. *AFKAR/IDEAS*, 4: 50-52.
7. Anderson, T. (2019). Agricultura climáticamente inteligente. En *Pluriverso, un diccionario del posdesarrollo*. Barcelona, España, pp 85-88.
8. FAO. (2002) Perspectivas para el medio ambiente. Informe para Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Sitio web: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>
9. Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3 (1): 73-80
10. FAO. (2018). More people, more food worse water? - Water Pollution from Agriculture: a global review. Sitio web: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/CA0146EN>
11. Navarro & Navarro. (2003). El nitrógeno en el suelo. En *Química agrícola*. Segunda edición. Mundi-prensa, España, pp. 183-215.
12. Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y. (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528: 51–59
13. Fernández-Marcos, (2011). Contaminación por fósforo procedente de la fertilización orgánica de suelos agrícolas. En *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola*. Primera edición. Universidad de Santiago de Compostela, Chile, pp. 25-32.
14. Abubakar, M. & Attanda, M. (2013). The concept of sustainable agriculture: challenges and prospects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 53.
15. Kloepper, J. & Schroth, M. (1978). Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. *Plant Pathology Bacteria*, 2: 879-882.

16. García-Fraile, P., Menéndez, E. & Rivas, R. (2015). Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *AIMS Bioengineering*, 2(3): 183-205.
17. Bashan, Y. (2008). El uso de inoculantes microbianos como una importante contribución al futuro de la agricultura mexicana. En: *La biofertilización como tecnología sostenible*. Plaza y Valdéz. México. 17-24 pp.
18. Moreno, A., García, V., Reyes, J., Vásquez, J. & Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana Biotecnología*, 10(1): 68-83.
19. Raymond, J., Siefert, J. L., Staples, C. R., & Blankenship, R. E. (2004). The Natural History of Nitrogen Fixation. *Molecular Biology and Evolution*, 21(3): 541–554.
20. Alori, E., Glick, B., & Babalola, O. (2017). Microbial Phosphorus Solubilization and Its Potential for Use in Sustainable Agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 8 (971).
21. Luna-Martínez, L., Martínez-Peniche, R., Hernández-Iturriaga, M., Arvizu-Medrano, S. & Pacheco-Aguilar, J. (2013). Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(1): 63 - 69.
22. Nautiyal, C. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, 170(1): 265-270.
23. Díaz-Vargas, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. & Alcántar González, G. (2001). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra*, 19: 327-335.
24. García, F., Muñoz, H., Carreño, C. & Mendoza, G. (2010). Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L. “arroz” en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 1(2):107-116.
25. Dodd, I. C., Zinovkina, N. Y., Safronova, V. I., & Belimov, A. A. (2010). Rhizobacterial mediation of plant hormone status. *Annals of Applied Biology*, 157(3): 361-379.

Control biológico de *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895 (Thysanoptera: Thripidae) en limón mexicano

Miranda-Salcedo Mario Alberto^{1*}
Loera-Alvarado Esperanza²
Perales-Segovia Catarino³

Resumen

México es el primer productor de limón mexicano en el mundo. Sin embargo, el uso excesivo de insecticidas, ha ocasionado la resurgencia de plagas secundarias que afectan la producción y calidad del fruto. Por lo anterior, se planteó identificar a los enemigos naturales que atacan al trips en limón mexicano. El estudio se realizó en el valle de Apatzingán, Michoacán, se seleccionaron cinco huertos de limón con diferente intensidad de manejo. Se identificaron diez especies de enemigos naturales que pueden depredar al trips: *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, 1839, *Cereochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae); *Stetorus* sp., *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842, *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) (Coleoptera: Coccinellidae), *Zelus renardii* (Kolenati, 1857); *Leptotrips* sp. (Thysanoptera: Thripidae) y diferentes especies de arañas. La huerta que presentó mayor abundancia fue la del Crucero (151 individuos) y la menor, la del Valle (34 individuos). Los resultados observados permiten plantear estrategias biorracionales en el manejo de trips, asociados al limón mexicano en el valle de Apatzingán. Las cuales, deben favorecer el uso de malezas entre las hileras de árboles que sirvan de refugio al amplio espectro de enemigos naturales que presenta esta plaga.

Palabras clave: trips, enemigos naturales, manejo sustentable.

Introducción

En estudios sobre interacciones entre una presa y un depredador, las relaciones competitivas adquieren particular relevancia dentro del contexto del control biológico de plagas (5). Existen

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP, Km 17 carretera Apatzingán-Cuatro Caminos, C.P. 60781, México. Tel.: 018000882222 ext. 84601.

²CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

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

*Autor para la correspondencia: miranda.marioalberto@inifap.gob.mx

tres estrategias: el control biológico clásico, el control biológico por aumento y el control biológico por conservación (2). En México se han registrado varias especies de insectos benéficos; los más importantes son: los depredadores *Chilocorus hespericus*, y *Ceraeochrysa* sp, y el parasitoide *Encarcia citrina* (8). México es el primer productor de limón mexicano en el mundo, con una superficie de 120 mil hectáreas. Michoacán es el estado que presenta la mayor superficie 75,000 ha⁻¹, una producción de 721, 809 t (6). El uso excesivo de insecticidas, ha ocasionado la resurgencia de plagas secundarias (trips, minadores y mosca blanca) que afectan la producción y calidad del fruto. Ante la gravedad del problema y la amenaza que representa su dispersión a otros estados citrícolas del país, se planteó identificar el gremio de enemigos naturales que atacan al trips en limón mexicano, estos organismos pueden representar una estrategia biorracional en el manejo de la plaga.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el valle de Apatzingán, Michoacán, se seleccionaron cinco huertos de limón con diferente intensidad de manejo. Los muestreos fueron de mayo de 2018 a julio de 2019. En cada muestreo se revisaron 20 árboles al azar, el muestreo consistió en golpeteo de una rama con trips y sus enemigos naturales, se capturaron en una tabla de 38 x 21 cm., donde se cuantificaron. Las muestras se colectaron y se guardaron en recipientes con alcohol al 70% para corroborar su identidad por parte de la Dra. Esperanza Loera Alvarado (Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán).

Resultados y Discusión

El complejo de especies de trips estuvo presente en limón mexicano durante todo el periodo de muestreo (mayo de 2018 a julio de 2019). Sin embargo, el mayor pico poblacional se presentó en noviembre y diciembre (14 trips por área de muestreo) y en mayo (7 trips por área de muestreo) (Fig. 1). Las principales especies de trips presentes en limón mexicano fueron: *Frankliniella occidentalis* Pergande 1895, *F. insularis* (Franklin) 1908, *Scirtotrips perseae* Nakahara 1997 y *Leptotrips* sp. La más abundante fue *F. occidentalis*, esta especie es polífaga y afecta alrededor de 50 hospederos (3).

Se identificaron diez especies de enemigos naturales que pueden depredar al trips en Michoacán: *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, 1839, *Cereochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae); *Stetorus* sp., *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842, *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) (Coleoptera: Coccinellidae), *Zelus renardii* (Kolenati, 1857); *Leptotrips* sp. (Thysanoptera: Tripidae) y diferentes especies de arañas. Los más importantes son *Ch. rufilabris* y *C. cincta* y se encontraron en los cinco sitios de muestreo (Fig. 2). Los máximos picos poblacionales se observaron en julio y en febrero, en la huerta del Crucero, con 17 y 21 individuos, respectivamente. Este hecho tiene relación con la respuesta funcional y numérica de los depredadores, de ser abundantes en sitios con alta presencia de presas.

La huerta que presentó mayor abundancia fue la del Crucero (151 individuos) y la menor, la del Valle (34 individuos). El género *Cereochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) es exclusivamente americano y neotropical, con un rango geográfico de sus especies desde el sur de Canadá hasta el extremo sur de Chile (1). Actualmente, existen alrededor de 40 especies descritas de *Cereochrysa*; de éstas, 16 se encuentran presentes en México (7). Las especies de *Cereochrysa* ocurren en hábitats diversos, por ejemplo: bosques de clima húmedo y seco,

pastizales, huertos frutícolas y en cultivos anuales y perennes (1). En la actualidad se comercializa *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana* y *C. smithi*, para el control biológico de plagas (4). Los resultados observados permiten plantear estrategias biorracionales en el manejo de trips, asociados al limón mexicano en el valle de Apatzingán. Las cuales, deben favorecer el uso de malezas entre las hileras de árboles que sirvan de refugio al amplio espectro de enemigos naturales que presenta esta plaga (Figura 1 y 2).

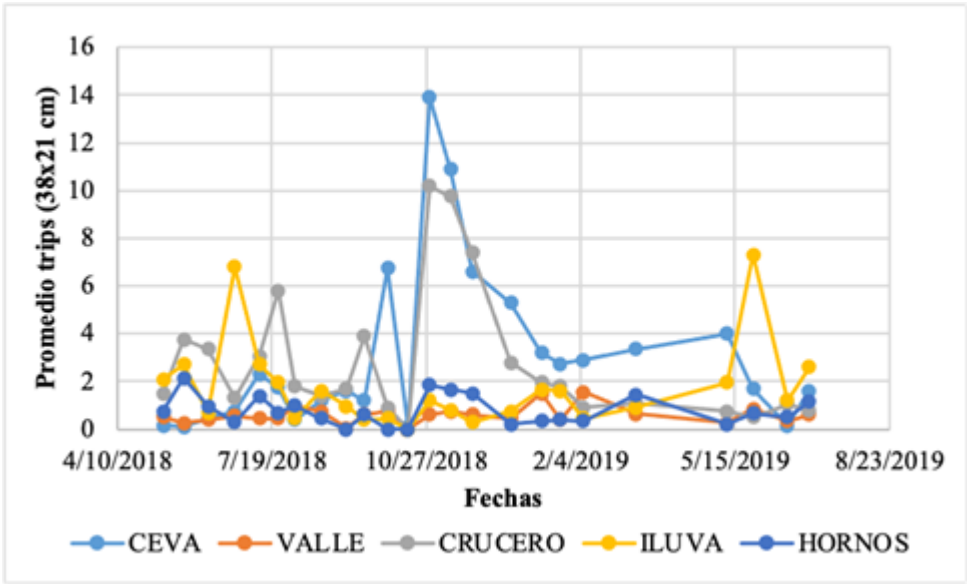


Fig. 1. Fluctuación poblacional de especies de trips asociados al Limón Mexicano en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a julio 2019).

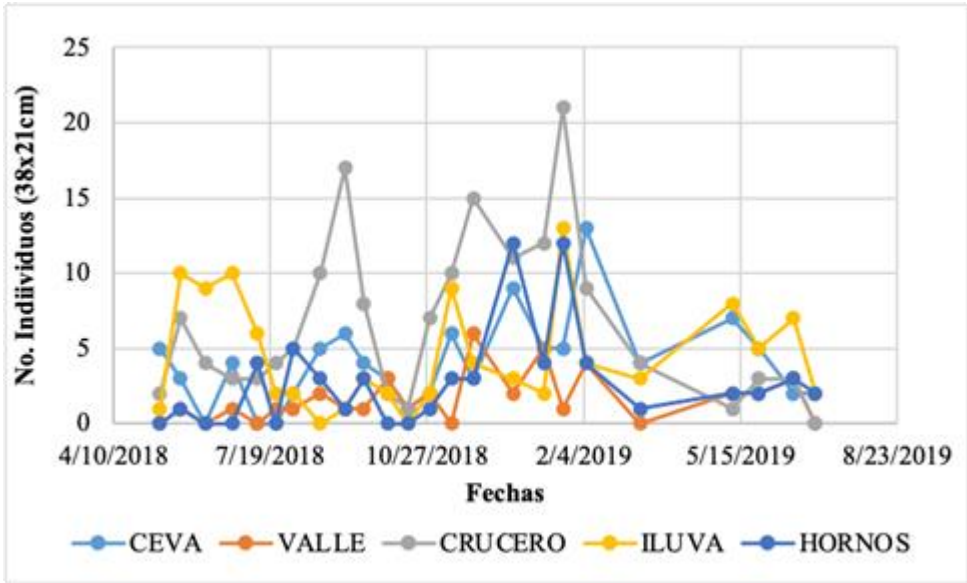


Fig. 2. Fluctuación poblacional de *Chrysoperla rufilabris* y *Cereochrysa valida* en Limón Mexicano en el Valle de Apatzingán (mayo 2018 a julio 2019).

Referencias Citadas

1. Brooks, S.J., and Barnard P.C. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)* 59: 117-286.
2. De Bach, P. D. and Rosen D. (1991). *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K. pp. 440. *Agroecosystem. Proc. Calif. Acad. Scienc.* 52 (19): 245-395.
3. Johansen, R. M. (2001). Trips de importancia en la Fruticultura en México. En Memoria del XIV Curso Internacional de Actualización Frutícola "Aspectos fitosanitarios en la Fruticultura". Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., Tonatico, México. p. 23-32.
4. López-Arroyo, J.I., Tauber C.A., and Tauber M.J. (1999b). Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: Ceraeochrysa). *Environ. Entomol.* 28 (6): 1183-1188.
5. Murdoch, W. W. and C. J. Briggs. (1996). Theory for biological control: recent developments. *Ecology.* 77: 2001-2013.
6. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2019). <http://www.siap.gob.mx>. Consulta 15 de junio 2019.
7. Tauber, C. A., and De León T. (2001). Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Larvae of *Ceraeochrysa* from México. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 197-209.
8. Urías, L., M. A. (2004). Estudios biológicos y control de la escama blanca del mango en la Costa de Chila, Nayarit. (Informe Parcial de Investigación). Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit. 14 p.

Relación del volumen de frutos de mango con la superficie y el perímetro proyectados sobre imágenes digitales

Loera-Alvarado Gerardo^{1*}

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estimar el volumen de frutos de mango a partir del área proyectada sobre una imagen digital y el perímetro de la proyección. Se estudiaron 30 frutos de mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L. cv 'Ataulfo'), se tomó una imagen de la cara más ancha del fruto, en condiciones controladas. Se calculó el área y el perímetro de la proyección del fruto sobre la imagen digital, mediante un sistema desarrollado en Visual Studio®. Se generó un modelo de regresión lineal simple, entre el volumen del fruto respecto al área proyectada y al perímetro. Los datos se analizaron en R-Project®. Se determinó la precisión del método de segmentación en términos de la desviación estándar promedio; y el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del cuadrado medio de error (RCME) del modelo lineal. El modelo a partir del área proyectada presentó un R^2 de 0.93 y una RCME de 14.07 cm³ (5.27%). Por lo tanto, el área proyectada del fruto de mango sobre una imagen digital permite estimar el volumen del fruto con exactitud aceptable.

Palabras clave: *Mangifera indica*, Análisis de imágenes, Segmentación.

Introducción

El mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L. cv 'Ataulfo') es una de las variedades de mayor producción y exportación en México, debido a sus características nutrimentales y organolépticas (1). El tamaño de los frutos constituye una variable de calidad y puede ser expresado en función del volumen (2). Además, esta variable juega un papel importante en el estudio de procesos fisiológicos, diseño de envases y líneas de envasado o empaque (3). El análisis de imágenes digitales ha permitido desarrollar métodos para estimar el volumen de diversas especies hortícolas. Sin embargo, se han centrado en productos con forma regular

¹Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Posgrado en Innovación en el Manejo de Recursos Naturales. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. 78620.

*Autor para la correspondencia: gerardo.loera@colpos.mx

como cítricos (4) y sandía (5). En el caso de productos con forma irregular, se ha recurrido a sistemas más complejos como escáner 3D (6) o la captura de múltiples imágenes (7). El objetivo del presente trabajo fue estimar el volumen de frutos de mango ‘Ataulfo’ a partir del área proyectada en una imagen digital y el perímetro de la proyección.

Materiales y Métodos

Para realizar la presente investigación se utilizaron 30 frutos de mango en madurez de consumo. Se midió el volumen de cada fruto mediante el método de desplazamiento de agua. Para relacionar el área proyectada y el perímetro con el volumen de los frutos, se tomó una captura de la cara más ancha de cada fruto en el sistema desarrollado por el autor del estudio. Posteriormente, cada imagen se convirtió a escala de grises con base en la intensidad de color del espacio HSI (Tono, saturación e intensidad), calculado como el promedio del nivel de los tres canales (Figura 1). Cada fruto se procesó cinco veces, para determinar la precisión. En total se tomaron 150 imágenes.

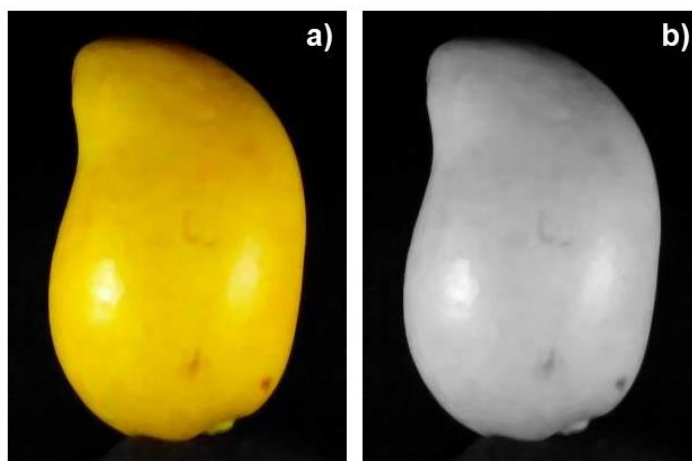


Fig. 1 Imagen de un fruto de mango en: a) RGB y b) Escala de grises.

Cada imagen en escala de grises se binarizó mediante el método de mínimo local con el base en el histograma de frecuencias (Figura 2). Para calcular el área, se etiquetaron todos los objetos dentro de la imagen mediante el método recursivo y se cuantificó el número de píxeles en el objeto del centro. Para obtener el perímetro, se aplicó una erosión con un elemento estructural de 3x3 a cada imagen binaria, posteriormente se aplicó una resta de imágenes entre la imagen binaria y la erodada; y se cuantificó el número de píxeles correspondientes al objeto del centro (Figura 3).

Finalmente, el área y el volumen se convirtieron a unidades reales mediante el siguiente factor de conversión ($1 \text{ Px} = 0.0366 \text{ cm}$). Para obtener el factor de conversión se digitalizó una esfera de poliestireno expandido (Unicel®) con diámetro de 9.0 cm y se relacionó el área proyectada con el área teórica de la sección transversal (Figura 4).

El sistema para procesar y analizar las imágenes se desarrolló en la plataforma Visual Studio Community® 2019 de libre distribución (Microsoft®), bajo el lenguaje de programación Visual Basic®. La precisión del método de segmentación se determinó con base en la desviación estándar (sd) promedio y el coeficiente de variación (CV).

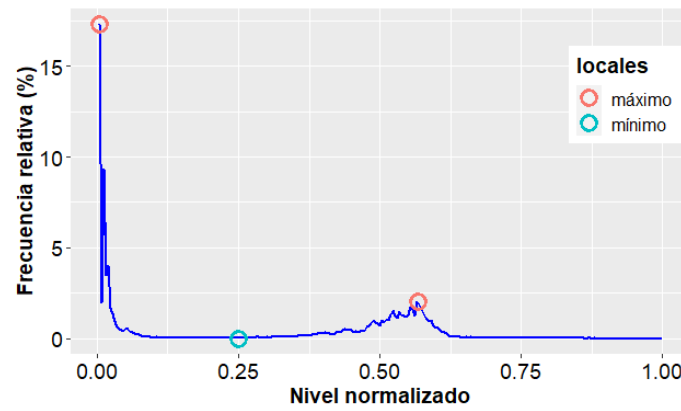


Fig. 2 Histograma de frecuencias de una imagen en escala de grises y ubicación de los máximos y mínimos locales.

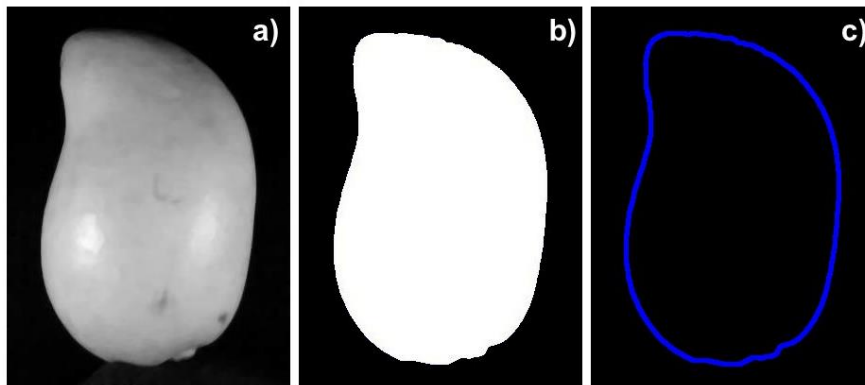


Fig. 3 a) Imagen en escala de grises; b) Imagen binarizada; y c) Identificación del perímetro.

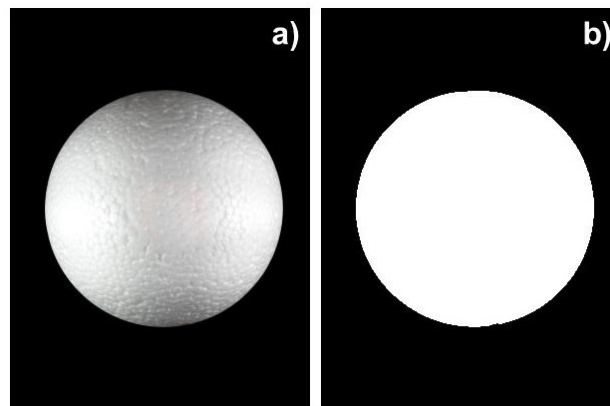


Fig. 4 Imagen de la esfera utilizada para calibrar las imágenes: a) Imagen en RGB; y b) Imagen binarizada.

Se generó un modelo de regresión lineal para estimar el volumen de los frutos a partir del área proyectada y el perímetro; y se determinó la raíz del cuadrado medio del error (RCME) de acuerdo con la ecuación A. El análisis de los datos se realizó en R-Project® 4.0.3 bajo la interface RStudio® 1.3.1093, ambos de libre distribución.

$$RCME = \sqrt{\frac{\sum(x_0 - x_1)^2}{n}} \quad (A)$$

donde: x_0 es el valor volumen medido; x_1 es el volumen estimado; y n es el total de observaciones.

Resultados y Discusión

El método utilizado para segmentación proporcionó una desviación estándar promedio de 1.02 cm² para el cálculo del área proyectada y 0.39 cm para el cálculo del perímetro. Estos resultados pueden atribuirse a las condiciones de captura de las imágenes, lo que permitió una segmentación correcta (9).

El modelo para estimar el volumen de los frutos de mango con base en el área proyectada sobre la imagen digital presentó un mejor ajuste, ya que el coeficiente de determinación fue 0.93 y un error cuadrático medio de 14.07 cm³ (Tabla 1 y Figura 5). Estos valores de R^2 son cercanos a los encontrados en mandarina (0.96) (10), naranja (11) y manzana (3), ambos de 0.99.

Tabla 1. Coeficientes de los modelos de regresión lineal para estimar el volumen de frutos de mango a partir del área y perímetro medidos en una imagen digital.

Modelo	β_0	β_1	R^2	RCME	sd	CV(%)
Área	-97.66	5.77	0.93	14.07	1.02	1.62
Perímetro	-443.67	19.43	0.89	16.98	0.39	1.07

En todos los casos el valor de $p < 0.001$

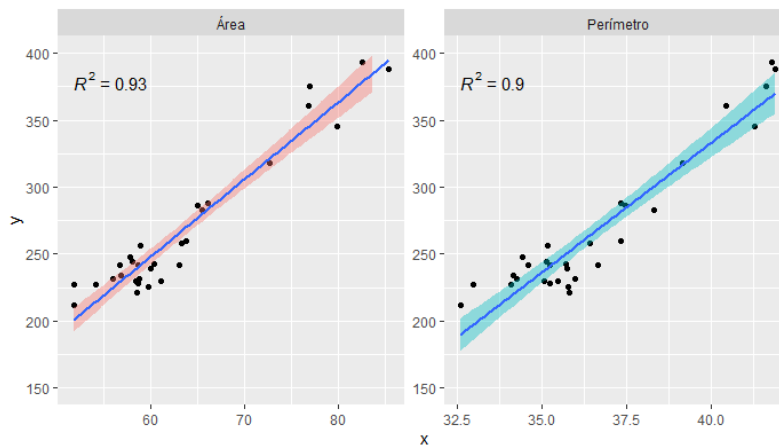


Fig. 5 Modelos de regresión lineal para estimar el volumen de frutos de mango a partir de una imagen digital.

Conclusión

El uso del análisis de imágenes digitales permite estimar el volumen de frutos de mango ‘Ataulfo’ a partir del área proyectada sobre la imagen digital, con exactitud aceptable. Este método representa una alternativa rápida, no destructiva y se podría implementarse directamente en línea de selección.

Referencias Citadas

1. Palafox-Carlos H., Yahia E. M. and González-Aguilar G. A. (2012). Identification and quantification of major phenolic compounds from mango (*Mangifera indica*, cv. Ataulfo) fruit by HPLC–DAD–MS/MS-ESI and their individual contribution to the antioxidant activity during ripening. Food Chemistry. 135 (2012): 105-111.
2. Moreda, G. P., Ortiz-Cañavate J., García-Ramos F.J., and Ruis-Altisent M. (2009). Nondestructive technologies for fruit and vegetable size determination – a review. Journal of Food Engineering. 92: 119-136.
3. Goñi, S. M., Purlis E. and Salvadori V.O. (2007). Three-dimensional reconstruction of irregular foodstuffs. J. Food Eng. 82(4):536-547.
4. Fellegari, R. and Navid H. (2011). Determining the orange volume using image processing. Int. Conf. on Food Engineering and Biotechnology 9(2011):180-184.
5. Koc, A-B. (2007). Determination of watermelon volume using ellipsoid approximation and image processing. Postharvest Biol. Technol. 45(3):366-371.
6. Kelkar, S., Scott S., Boushey C. and Okos M. (2011). Developing novel 3D measurement techniques and prediction method for food density determination. Procedia Food Sci. 1: 483-491.
7. Eifert, J. D., Sanglay G. C., Lee D. J., Sumner S. S. and Pierson M. D. (2006). Prediction of raw produce surface area from weight measurement. J. Food Eng. 74(4): 552-556.
8. Loera A. G., Chávez-Franco S. H., Carrillo-Salazar J. A., González-Camacho J. M, Suárez-Espinosa J. y Valle-Guadarrama S. (2018). Herramientas para el análisis tridimensional de superficie de frutos de mango. TESIS. COLPOS. 88 p.
9. Sabliov, C. M., Boldor D, Keener K. M. and Farkas B. (2002). Image processing method to determine surface area and volume of axi-symmetric agricultural products. Int. J. Food Prop. 5(3): 641-653.
10. Khojastehnazhand, M., Omid M. and Tabatabaeefar A. (2009). Determination of orange volume and surface area using image processing technique. Int. Agrophys. 23: 237-242.
11. Khojastehnazhand, M., Omid M. and Tabatabaeefar A. (2010). Determination of tangerine volume using image processing methods. Int. J. Food Prop. 13(4): 760-770.

Comportamiento agronómico en invernadero del chile de agua injertado sobre el portainjerto CM-334

Sánchez-Hernández César^{1*}

García-Pérez Florinda¹

Sánchez Hernández Miguel Ángel²

Villanueva-Sánchez Evert³

Aurea Judith Vicente Pinacho⁴

Resumen

La producción del chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca se realiza a campo abierto, presentando problemas de plagas, enfermedades, nutrición, factores que limitan su crecimiento y desarrollo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los componentes vegetativos y de rendimiento en plantas de chile de agua injertadas sobre el portainjerto CM-334 como alternativa al manejo de la marchitez del chile ocasionada por *Phytophthora capsici* en Ocotlán de Morelos, Oaxaca. La investigación se realizó en invernadero en la comunidad de San Pedro Apóstol, Oaxaca. Para la evaluación de las plantas de chile de agua injertadas y sin injertar se realizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de largo, con una distancia de 90 cm entre surcos y 50 cm entre plantas. Se midieron altura de planta (cm), altura a la primera bifurcación (cm), diámetro de tallo (cm), índice de área foliar ($m^2 \cdot m^{-2}$), peso de fruto (g), número de frutos por m^2 , y rendimiento de fruto (gramos $\cdot m^{-2}$). Los resultados arrojaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los componentes de crecimiento vegetativo y de rendimiento, con una disminución en el vigor de las plantas de chile de agua injertadas sobre CM-334.

Palabras clave: chile, parámetros agronómicos, Oaxaca.

¹Novauniversitas, Carretera Oaxaca-Puerto Ángel Km 34.5, C.P. 71513, Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México.

²Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita CP. 68400, Av. Ferrocarril S/N. Loma Bonita, Oaxaca, México.

³CONACYT-Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal, Universidad Autónoma Chapingo, C.P. 56230, Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Estado de México, México.

⁴Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 123, C.P. 71240, Av. Lázaro Cárdenas 2018, Santa Lucía del Camino, Centro Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: cesarsh79@hotmail.com

Introducción

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos más importantes de México; datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura indican que en 2017 se produjeron en el país 3 296 875 t de chile verde (1). Existe una gran diversidad de chiles en la región de “Valles Centrales” del estado de Oaxaca. Este cultivo es conocido regionalmente como ‘Chile de agua’ (*C. annuum*), contribuye a la economía local ya que 90% de la población tiene a esta hortaliza como cultivo primario, genera ingresos importantes durante los meses de marzo a agosto; además durante el proceso de producción se emplean aproximadamente 150 jornales·ha⁻¹ y la relación beneficio-costo del cultivo llega a ser de 3:1. La producción se destina principalmente a los mercados de la capital oaxaqueña donde se comercializa en fresco como ingrediente importante en la gastronomía regional. La producción del chile de agua, chilhuacle y en menor proporción tabiche se destinan a los mercados de la capital oaxaqueña donde se comercializan en fresco (chile de agua y tabiche) y en seco (chile chilhuacle) siendo importantes en la gastronomía regional. El Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2) registra 211.05 ha de chile verde en la región de valles centrales con un volumen de producción de 1473.46 t.

La información anterior, indica que la superficie sembrada y el volumen de producción de chile en la región de valles centrales ha disminuido en los últimos 15 años por diversos factores, entre ellos los problemas fitosanitarios y agronómicos que reducen de manera importante la productividad y calidad del chile. Vásquez et al. (3) realizaron un estudio sobre la etiología de la marchitez del chile de agua en Oaxaca, México y reportaron que en los ciclos agrícolas 2000 y 2001 la enfermedad de la marchitez del chile se presentó con una incidencia que fluctuó entre 60 y 70% y causó pérdidas económicas significativas a los productores. La enfermedad se presentó en plantas de chile de 50 a 60 días de edad y se caracterizó por la marchitez de follaje, caída de flores y frutos, necrosis del tejido externo e interno del cuello de la raíz y muerte de plantas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar los componentes de rendimiento en una variedad criolla de chile de agua injertada sobre el portainjerto CM-334 como alternativa al manejo de la marchitez del chile ocasionada por *Phytophthora capsici* en Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la comunidad de San pedro Apóstol, Oaxaca (16°44'7"N, 96°43'33"O) a una altura de 1491 msnm. Las semillas del portainjerto CM-334 y la variedad criolla de chile de agua se sembraron en charolas de 200 cavidades con sustrato de turba de musgo (Peat Moss®) mezclado con perlita (relación 1:2 v/v) en febrero de 2019 y 28 días después se realizaron los injertos, empleando el método de injerto de empalme con base en Lee et al. (4), inmediatamente después de realizar el injerto las plántulas se asperjaron con una solución de ácido ascórbico a una concentración de 100 mg·L⁻¹ (5) y se mantuvieron durante seis días en una cámara de prendimiento con ausencia de luz, humedad relativa $\geq 95\%$ y una temperatura de 28°C.

Después se colocaron durante siete días en una cámara de aclimatación cubierta con plástico transparente simulando un microinvernadero manteniendo las mismas condiciones de humedad relativa y temperatura. Una vez lograda la aclimatación de las plántulas injertadas se sacaron de la cámara y se trasplantaron en suelo acolchado con plástico bícapa (blanco/negro) bajo condiciones de invernadero. La evaluación de las plantas de chile de agua injertadas y sin injertar se realizó en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro

repeticiones, la unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5 m, con una separación de 90 cm entre surcos y 50 cm entre plantas.

Resultados y Discusión

Los resultados muestran que hubo una reducción en todos los valores de las variables de crecimiento vegetativo en las plantas de chile de agua injertadas sobre el portainjerto CM-334, la altura de planta y altura a la primera bifurcación fue menor en las plantas injertadas con una reducción de 27.33 cm lo que representa el 22% y 8.28 cm (18%) respectivamente. El índice de área foliar fue 0.77 mayor en las plantas sin injertar lo que explica que hayan tenido una mayor acumulación de peso seco total (Tabla 1). Santos y Goto (6) reportaron variación significativa en la altura de plantas de pimiento injertadas con diferentes portainjertos. Esta diferencia en la altura de las plantas de chile de agua injertadas sobre el portainjerto CM-334 con respecto a las plantas de chile de agua sin injertar puede estar asociado al proceso de injertación que puede producir alteraciones en la absorción y transporte de agua y nutrimentos, estos resultados de disminución en el vigor de las plantas injertadas coinciden con lo reportado por García et al. (7) quienes evaluaron plantas de chile ancho injertadas sobre el portainjerto CM-334. Las plantas de chile de agua injertadas sobre CM-334 mostraron la misma tendencia que los componentes de crecimiento vegetativo, menor número de frutos por planta, largo, ancho y peso de fruto (Tabla 2). El largo de fruto disminuyó (19%), ancho de fruto (10.5%), peso de fruto (14.6%), número de frutos por m² (25.8%), y el rendimiento por m² (36.5%). Estos resultados evidencian una mala interacción entre el portainjerto y el injerto; García et al. (7) reportaron un efecto similar al evaluar chile ancho injertado sobre CM-334 donde el rendimiento disminuyó 19%, sin embargo, el menor porte de las plantas de chile de agua injertadas sobre el portainjerto CM-334 permite incrementar la densidad de población en condiciones de invernadero.

Tabla 1. Prueba de comparación de medias de cuatro variables de crecimiento vegetativo en chile de agua injertado sobre CM-334. Novauniversitas 2020.

TRAT	APL (cm)	APB (cm)	DTA (cm)	IAF (m ² m ²)
Ch-sin	84.38 a	27.49 a	1.33 a	1.82 a
Ch-CM-334	61.32 b	19.18 b	1.07 b	1.34 b
DMS	13.27	4.82	0.1473	0.27

Ch-sin: Chile de agua sin injertar, Ch-CM-334: Chile de agua sobre CM-334, APL: Altura de planta (cm); APB: Altura a la primera bifurcación; DTA: Diámetro de tallo (cm); IAF: Índice de área foliar (m²· m²). Letras iguales dentro de columnas no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Tabla 2. Prueba de comparación de medias de cinco variables de rendimiento en chile de agua injertado sobre CM-334. Novauniversitas 2020.

TRAT	LFR (cm)	AFR (cm)	PFR (g)	NFR(m ²)	REN (m ²)
Chi-sin	11.27 a	3.22 a	29.71 a	66.21 a	1967.09 a
Chi-CM-334	9.17 b	2.88 b	25.36 b	49.14 b	1246.19 b
DMS	1.27	0.27	2.17	11.38	455.79

Ch-sin: Chile de agua sin injertar, Ch-CM-334: Chile de agua sobre CM-334, LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); PFR: Peso de fruto (gramos); NFR: Número de frutos por m²; REN: Rendimiento de fruto (gramos·m²). Letras iguales dentro de columnas no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

El uso del portainjerto CM-334 en plantas de chile de agua induce disminución del vigor en altura de planta, diámetro de tallo, índice de área foliar, número de frutos, peso de fruto y rendimiento por m², sin embargo, puede ser un método alternativo de manejo de *Phytophthora capsici* en la región de Valles Centrales de Oaxaca, para disminuir el uso de funguicidas o cuando se produce chile de agua en un sistema de producción orgánico.

Agradecimientos

Al productor cooperante Sr. Guillermo Sánchez García de San Pedro Apóstol, Oaxaca por facilitar un invernadero para realizar la investigación.

Referencias Citadas

1. FAO. 2017. Estadísticas de la producción internacional de chile. Recuperado el 11 de septiembre de 2019, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
2. SIAP. 2018. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado el 11 de enero de 2020, de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
3. Vásquez. 2009. Etiología de la marchitez del 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. (S. M. A.C, Ed.) Revista Fitotecnia Mexicana, 32(2): 127-134.
4. Lee, J., Kubota, C., Bie, Z., Echeverria, P., Morra, L., Oda, M. 2010. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation. Sci. Hort, 127(1), 93-105.
5. Saadoun, M., Allagui, M. 2013. Management of chilli pepper root and wilt (caused by *Phytophthora nicotianae*) by grafting onto resistant rootstock. Phytopathologia Mediterranea, 52(1), 141-147.
6. Santos H, S., Goto R. 2004. Enxertia em plantas de pimentão no controle da murcha de fitóftora em ambiente protegido. Horticultura Brasileira. 22(1): 45- 49.
7. García R, M. R.; Chiquito A, E.; Loeza L, P. D.; Godoy H, H.; Villordo P, E.; Pons H, J. L.; González C, M. M.; Anaya L, J. L. 2010. Producción de chile ancho injertado sobre Criollo de Morelos 334 para el control de *Phytophthora capsici*. Agrociencia. 44: 701-709.

Manejo de fotoperiodo con tres tipos de luz artificial en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum x hortorum*), con productores del poblado de Xicotlan Texcoco, Estado de México

Suriel Velasco Velasco^{1*}

Miguel Ángel López Santiago¹

Julián Hernández Cruz^{1†}

Jesús Alberto Camacho Montoya¹

José Merced Mejía Muñoz²

Claudio Flores Espinosa²

Nancy Alonso Hernández³

Resumen

El crisantemo (*Chrysanthemum x hortorum*) es una flor de corte producida en todo el mundo, respecto a la iluminación, se clasifica como planta de día corto que requiere noches largas, su fotoperiodo critico es de 14.5 horas de luz, los periodos por arriba de este valor, favorecen su crecimiento vegetativo. Por eso es necesario el control de la floración ya que es una de las técnicas más importantes en la floricultura al igual que el control de la duración del día porque hace posible la producción de flores de crisantemo durante todo el año, el descanso nocturno es el método de control de la floración más utilizado tanto en la producción de crisantemo cortado como la de maceta. En este estudio, investigamos los efectos de las luces artificiales las cuales son luz (incandescente, fluorescente, LED y la luz natural) porque cada una transmite una onda de luz diferente, recordemos que para la inhibición sobre la floración se necesita una onda de luz rojo y la luz roja lejana en un rango de longitud de onda de 620-640 nm, estas luces fueron sometidas al cultivo durante cuatro horas a media noche en un periodo de 50 días consecutivas. Los resultados obtenidos, analizamos que para mantener una planta de crisantemo en etapa vegetativa es viable la aplicación de la luz fluorescente ya que mostro un buen desarrollo en la planta y no presento botón floral hasta alcanzar una altura adecuada

¹Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Sola de Vega, Oaxaca, C.P. 71400, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento, de Fitotecnia, Academia Floricultura. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, Universidad Autonoma de Chapingo, 56230 Texcoco, México.

³Doctorado en Ciencias. CIIDIR Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. C.P. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: suryshhh711@gmail.com

en gusto del mercado, al igual favorece al productor en el aspecto de costo por el hecho de consumir poca energía eléctrica.

Palabras clave: fotoperiodo, luz artificial y etapa vegetativa.

Introducción

El crisantemo es una de las especies ornamentales más cultivadas de todo el mundo. La producción es importante en varios países europeos, como los Países Bajos, Gran Bretaña y Francia; así como en Colombia, Estados Unidos y Canadá donde desde hace mucho tiempo es un cultivo industrializado. En Centroeuropa, Japón y Estados Unidos ha tenido siempre una gran demanda por lo que los trabajos de mejora genética son importantes y han dado lugar a numerosos cultivares con formas y colores (1). Después de la rosa, el crisantemo sigue siendo la flor cortada más vendida en las subastas holandesas de flores. El blanco es el color más vendido con una participación en el mercado del 40%; tiene que ver con el hecho de que los crisantemos blancos se prestan mejor para pintarse, lo que ahora se hace con colorantes ecológicos de la industria alimenticia. En segundo lugar, están los crisantemos amarillos (31%), seguidos de los violetas (11%).

En México, en 2011 la superficie sembrada de crisantemo bajo invernadero fue de 2,479.75 ha, con una superficie cosechada de 2,479.75 ha. Dando una producción total de 9,403,667.75 ton, con un rendimiento por ha de 3,792.18 ton, con un precio medio rural de \$104.03/ ton. El valor de la producción en miles de pesos fue de \$978,299.59 (2). El presente trabajo experimenta el efecto de la interrupción nocturna en la producción de crisantemo con tres tipos de luz artificial (luz incandescente, fluorescente, LED y la luz natural) esperando obtener una fuente de luz que sea económica y que garantice un adecuado control de la etapa vegetativa de la planta con beneficios para los productores.

Materiales y Métodos

El presente proyecto se realizó durante el periodo de mayo – agosto del 2019 en el poblado Xocotlan, municipio de Texcoco del estado de México, en las coordenadas 19°30'00"N, 98°53'00"O, y a una altura de 2257 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación media anual de 686 mm (plan de desarrollo municipal, 2013-2015).

Material biológico. Para la ejecución del experimento se utilizaron 400 esquejes de crisantemo de la variedad Hartman, que se considera una planta de grupo de respuesta de 10 semanas a partir de la aplicación del primer ciclo inductivo de floración. Obtenidas de las plantas madre que el productor tenía en su invernadero.

Desarrollo de campo. Este trabajo se realizó en un invernadero tipo túnel de 4 m de altura, con ventilación lateral, plástico blanco lechoso y con ventilas cubiertas con malla antiáfidos. Se preparó la cama de enraizamiento elevada de los esquejes de 1x10 m, se colocó malla sombra (50%) sobre la cama para ayudar a reducir la temperatura del área experimental, se colocaron las luces artificiales (incandescente, fluorescente y Led) considerando una distancia de 3 m entre focos y una altura de 1.20 m sobre la superficie de la cama de enraizamiento, se estableció una cubierta de nailon oscuro de 12 m² dando una simetría para cuatro piezas con una medida de 3 m² cada una, para la división de cada tratamiento de luz, esto con el motivo de evitar que las luces artificiales tuvieran alguna interferencia entre los

tratamientos. Los tratamientos estuvieron conformados por T0: Luz natural, T1: Luz LED, T2: Luz Fluorescente, y T3: Luz incandescente.

Se seleccionaron las plantas madres de crisantemo para experimento, considerando que fueran plantas vigorosas, hojas sanas sin síntomas de deficiencias nutrimentales visibles y tallos firmes y gruesos. Los esquejes seleccionados de cada planta, se cortaron con una medida de 6 cm de largo. Se llevaron a la cama de enraizamiento en donde se les aplicó un enraizador comercial a base de la auxina Ácido Indol-3-Butírico al 0.15% (RADIX® 1500) esto para facilitar la emisión de raíces adventicias. En cada tratamiento se colocaron 100 esquejes en dos repeticiones de los cuatro tratamientos fue un total de 400 esquejes, se establecieron a una distancia de 10x12 cm, y se dio un mantenimiento de cuidados necesarios. Se colocó un Timer para controlar el tiempo de alumbrado de cada uno de los focos cuatro horas durante la noche en un horario de 11:00 pm a 3:00 am durante 50 días consecutivos,

Toma de datos. Se eligieron 10 plantas al azar en cada tratamiento después de 50 días del establecimiento del experimento, donde se evaluaron la condición del ápice (vegetativa o reproductiva), vegetativa (cuando se dispone en seguir generando hojas, nudos y entrenudos) o reproductiva (cuando se prepara en próximo desarrollo del botón floral) del meristemo; la longitud del tallo, número de hojas y entrenudos hasta el último primordio foliar, longitud de los últimos entrenudos, peso fresco y seco del esqueje, longitud de la raíz, número de raíces y área foliar. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos de las cuales cada tratamiento tiene diez repeticiones, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS® 9.0 (3).

Resultados y Discusión

Se observó que el T0 y T2 no presentaron diferencias significativas en la mayoría de los factores, sin embargo, se logró observar que el T0 presentó botón floral que se identificó con ayuda de un estereoscopio, y por este motivo no se considera viable ya que lo que se busca con el experimento es mantener la planta en una etapa vegetativa hasta que alcance una característica aceptable para poder inducirse a la floración (Tabla 1).

Tabla 1. Factores fenológicos del desarrollo de esquejes de crisantemo.

Tipo de Luz	PF	PS	AF	AT	#H	#N	LR	#R	LN
Natural	8.09 a	1.03 a	96.07 a	16.45 a	21.10 a	16.70 a	8.09 a	13.05 a	0.95 a
Fluorescente	7.70 a	0.91 ab	95.86 a	14.45 b	20.95 a	14.25 b	7.57 a	10.30 b	0.77 ab
Incandescente	6.69 b	0.82 bc	87.08 ab	14.22 bc	20.60 ab	13.95 b	6.44 b	9.90 b	0.70 b
LED	6.35 b	0.78 c	78.19 b	12.80 c	19.05 b	13.85 b	6.12 b	9.35 b	0.68 b

PF: Peso fresco, PS: Peso seco, AF: Área foliar, AT: Altura total, #H: Número de hojas, #N: Número de nudos, LR: Longitud de la raíz, #R: Numero de raíces, LN: Longitud de los entrenudos,

El T2 presentó características favorables acorde a nuestros objetivos en cada uno de los factores evaluados, mostró que la condición del ápice es totalmente vegetativa y que podía seguir generando nuevas hojas, nudos y entrenudos, por lo tanto, no presentaba inducción de botones florales y también tuvo altos índices en peso fresco en un porcentaje de 7.70 g, peso

seco 0.91 g, área foliar 95.86 cm², altura total 14.45 cm, número de hojas 20.95, número de nudos visibles 14.25, longitud de raíz 7.57 cm, número de raíz 10.30. La única desventaja de este tratamiento fue que presentó una elongación mayor en los últimos seis entrenudos lo cual no es deseable en un tallo floral. los tratamientos T1, T2, T3 tuvieron aspectos en común ya que los tres mostraban a la planta en condición vegetativa del meristemo pues no había superado a la etapa reproductiva, pero ciertos factores fueron inferiores al T2.

Conclusiones

El mejor tratamiento para la técnica del manejo fotoperiódica de esquejes de crisantemo es la lámpara fluorescente, porque sus resultados fueron superiores a los demás tratamientos además de mantener el esqueje en su etapa vegetativa, y por lo tanto no mostrar inducción floral, esto es una de las alternativas para que la planta llegue a alcanzar una altura deseable y aceptable en gusto del mercado, además de contar con altos índices en altura, número de hojas, nudos, entrenudos, buena longitud de raíz y cantidad de raíces, factores que reflejan la calidad de la flor en el aspecto de tamaño y forma las cuales favorecen al productor en la comercialización del producto. Así mismo, la luz fluorescente consume poca energía eléctrica la cual reduce el gasto económico, y es muy favorable para mantener un invernadero que permite las condiciones óptimas para el cultivo de crisantemo.

Referencias Citadas

1. Pandya, H. A., Saxena, O. P. 2001. Preservation of *Chrysanthemum* sp. by drying. Acta Horticulturae. 543: 367-370.
2. SIAP. 2018. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado el 11 de enero de 2020, de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
3. SAS. 2000. The SAS System for Windows. Versión 9.0. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.

Diagnóstico y control del barrenador grande de hueso *Heilipus lauri* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) en aguacate Hass en la comunidad de Rio Humo, Santiago Textitlán, Oaxaca, México

Ezequiel García Velasco^{1*}

Lidia Velasco Velasco¹

Julián Osvaldo Vázquez²

Carlos Granados Echegoyen³

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue identificar el sitio de infestación y evaluar el daño ocasionado por el barrenador grande de hueso en cuatro huertas de aguacate variedad Hass, en la comunidad de Rio Humo Santiago Textitlán Oaxaca; plaga que afecta al fruto dejando perforaciones en el epicarpio, lo que ocasiona pérdidas superiores al 50% de producción. Cada 15 días se realizaron muestreos para detectar la presencia de la plaga, y si este era el caso, se aplicaban cada 10 días los métodos de control cultural y químico. Las cuatro huertas de aguacates en donde se realizó el diagnóstico se encontraban en desarrollo de producción, la disponibilidad de fruta fue ≥ 20 kg/ árbol. De acuerdo con la disposición de la parcela, se ubicó el número de hileras y totales de árboles de cada huerta. La primera visita se realizó un censo de las cuatro huertas para determinar la cantidad de árboles que tiene cada una de ellas, y estado fenológico de los frutos. En el segundo muestreo se seleccionó los árboles a muestrear. De cada árbol se seleccionaron cuatro frutos expuestos a los rayos solares y con daños de perforaciones con diámetros de 2 a 5 centímetro, se inspeccionó visualmente para detectar los daños causado. en el primer muestreo en la huerta 1 y 3 no se encontró ningún daño al cultivo, mientras que en la huerta 2 se obtuvo un 60% y en la huerta 4 un 14% de daño al implementar las medidas de manejo y control logramos observar que disminuye significativamente la infestación a un 12.0 y 2.8 %, respectivamente.

Palabras clave: aguacate, manejo, control, cultural, químico.

¹Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Sola de Vega, Oaxaca, C.P. 71400, México.

²Sociedad Productora de Aguacate Oaxaqueño Avodeli S.P.R. de R.L., C.P. 71305, Benito Juárez No. 100, Infiernillo, San Francisco, Huixtla, Oaxaca, México.

³CONACYT-Universidad Autónoma de Campeche, Laboratorio de Entomología Aplicada, Centro de Estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU), San Francisco de Campeche, Campeche, C.P. 24079, México.

*Autor para la correspondencia: garciavelascoezequiel@gmail.com

Introducción

En la actualidad el aguacate *Persea americana* Mill var. Hass (Lauraceae) es un fruto con una demanda creciente en los mercados internos y externos, gracias a su aceptado consumo en fresco, sus cualidades nutraceuticas y múltiples usos, tanto en la industria alimenticia como en la cosmética y farmacéuticas, y es uno de los principales alimentos del hombre. Es un producto rentable que genera ingresos a los productores, es por eso que desde hace algunos años se han hecho plantaciones extensas, debido a las posibilidades que brindan los mercados, lo que repercute en la economía del productor. Sin embargo, existen situaciones que el productor difícilmente puede manejar, entre ellas el manejo de plagas y enfermedades, que no sólo limitan el rendimiento, también la calidad de la cosecha (1).

El aguacate es una especie que aparentemente se originó a lo ancho del área geográfica oriental y central de México, en las partes altas de Guatemala y en las costas del pacifico de América central. Evidencias arqueológicas indican que la selección y utilización de este cultivo tiene en México más de 10,000 años, debido a que se encontraron semillas en cuevas del valle de Tehuacán, en el estado de Puebla; durante este tiempo se observó una selección progresiva en el aumento del tamaño de los frutos, las semillas descubiertas fueron comparadas con los niveles de excavación en las cuevas y se encontró que tenía otras cualidades deseadas (2).

Entre las plagas de mayor incidencia en el cultivo de aguacate, se encuentra el barrenador grande del hueso *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) (3). El impacto de este coleóptero se refleja en la calidad del fruto y la disminución en su producción; los daños inician cuando la hembra adulta realiza un orificio en donde oviposita sus huevecillos, que tarda 14 días en eclosionar a estado larva, en esta etapa ocasiona más daño, primero atraviesa la parte carnosa del fruto, lo cual provoca que en el orificio de entrada sea cubierto con residuos producto de la penetración y de la secreción bocal posteriormente escurre un líquido blanquecino, provocando pudrición y caída prematura del fruto, repercutiendo así los ingresos de los productores (4). El barrenador grande del aguacatero, ha tomado gran importancia en los últimos años, debido al impacto económico que tiene en los ingresos del productor. Los focos de infestación lo constituyen plantaciones de árboles criollos que generalmente reciben poca atención; su presencia es constante, y dado que las aplicaciones de productos insecticidas son frecuentes, sus daños no han aumentado. Actualmente tiene una amplia distribución en el Estado de México (5). El área aguacatera afectada por el barrenador de hueso de aguacate está comprendida por Morelos, Michoacán, Puebla, Estado de México, Querétaro, Guerrero, Nayarit y Oaxaca. En el Estado de México se han detectado zonas con baja infestación en los municipios de Malinalco, Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan del Oro, Temascaltepec, Ocuilan, Villa de Allende y Donato Guerra (6).

Actualmente se reconocen tres razas botánicas de aguacate: mexicana, guatemalteca y antillana. La raza mexicana tiene como principal característica ser muy resistente al frío, así como también su alto contenido de aceite. El tamaño del fruto es variable, con tendencia a pequeño. La raza guatemalteca posee un fruto de tamaño pequeño y forma redonda, cuya característica principal es su cáscara gruesa. La raza antillana se adapta a clima tropical y es más tolerante a la salinidad, también tiene un lapso de flor a fruto bastante corto y el tamaño de su fruto es mayor que las otras razas. Dentro de las variedades más importantes se encuentran Hass, Fuerte, Red, Bacón, Pinketon y Gwen (7).

Los estados con mayor producción de aguacate son Michoacán, Jalisco, Estado de México, Nayarit y Morelos que comprenden más del 72.7% de la superficie total cultivada. En Michoacán para 2015 se cultivó el 78.6% de la producción en México, con una producción

aproximada de 1.62 millones de toneladas de fruta que correspondieron al 84.89% del volumen de la producción nacional (8). A nivel mundial, México es el principal productor de aguacate, en 2012 concentró 30.19% de la producción mundial, seguido de Indonesia y de República Dominicana (6.75% y 6.65% respectivamente); nacionalmente la producción de aguacate ha crecido de manera importante en los últimos años, entre 2002 y 2015 la tasa de crecimiento promedio anual fue del 4.2%, mientras que entre 2011 y 2015 el crecimiento promedio fue del 8.7%. En el 2015 se obtuvieron en total un millón 624 mil toneladas de aguacate, en tanto que hasta julio del 2016 la producción alcanzó las 986 mil toneladas (9).

Es por eso que en el presente trabajo se realizó un diagnóstico de todas las parcelas de los productores de la comunidad de Río Humo, Santiago Tultitlán, Oaxaca, para tener un estatus fitosanitario, y dar un manejo agronómico adecuado para el control de esta plaga, por lo que se realizaron aplicaciones químicas y control cultural en el cultivo.

Materiales y Métodos

Características del estudio. La localidad de Río Humo está situada en el Municipio de Santiago Textitlán en la sierra sur del Estado de Oaxaca a una altura de 2265 metros, conformado por 524 habitantes. El estudio se realizó en una huerta de aguacate 'Hass', con una superficie de 5 ha con 1310 árboles, las huertas están distribuidas de la siguiente manera, Huerta 1 de 1.5 ha con 380 árboles, Huerta 2 con una superficie de 1.0 ha con 250 árboles, Huerta 3 con 1.0 ha con 270 árboles, Huerta 4 de 1.5 ha con 410 árboles; se tomó el 10% del total de árboles para el muestro, los árboles se encontraban en un rango de cuatro a cinco años de edad, una altura de dos y cuatro metros, que se produce bajo condiciones de temporal, una vez determinado la superficie se realizó un muestreo de acuerdo a la metodología del manual operativo de la NOM-066-FITO-1995 para la campaña plagas reglamentadas del aguacatero vigente (10).

Muestreo de barrenador grande de hueso. Cada 15 días se realizaron muestreos para detectar la presencia de la plaga, y si este era el caso, se aplicaban cada 10 días los métodos de control cultural y químico. Las cuatro huertas de aguacates en donde se realizó el diagnóstico se encontraban en desarrollo de producción, la disponibilidad de fruta fue ≥ 20 kg/árbol. De acuerdo con la disposición de la parcela, se ubicó el número de hileras y totales de árboles de cada huerta. La primera visita se realizó un censo de las cuatro huertas para determinar la cantidad de árboles que tiene cada una de ellas, y estado fenológico de los frutos. En el segundo muestreo se seleccionó los árboles a muestrear. De cada árbol se seleccionaron cuatro frutos expuestos a los rayos solares y con daños de perforaciones con diámetros de 2 a 5 centímetro, se inspeccionó visualmente para detectar los daños causado (Figura 1).

Control del barrenador de hueso. El control cultural se realizó de manera manual eliminando todos los frutos con perforaciones, y enterrándola en una fosa ubicada a más de un kilómetro de distancia a la huerta. El control químico se realizó con aplicación foliar para eliminar el barrenador en estado adulto con malatión a la dosis recomendada por la casa comercial.

Resultados y Discusión

En la Figura 2 se muestra los árboles muestreados y número de árboles infestados, de igual manera huertas con presencia del barrenador grande de hueso. En la huerta 2, los árboles muestreados fueron 25 la cual se encontró 15 árboles infestados del barrenador, en la huerta

4, los árboles muestreados fueron 41 donde se encontraron 5 árboles con daños de la misma. La presencia de esta plaga se debe a que las huertas no tienen un manejo agronómico, de eliminación de malezas, podas y aplicación de productos preventivos para la pretensión del barrenador *H. lauri*, de igual forma no se cuenta con los equipos especializados para realizar las aspiraciones de los productos mencionados. Es por ello que al detectar esta plaga se implementa un control cultural y químico (11). En la huerta 1 y huerta 3 se no se encontró árboles con presencia de esta plaga debido a que cuenta con un manejo agronómico adecuado con riego, fertilización y eliminación de malezas.



Fig. 1. Frutos de aguacate con perforaciones provocados por la plaga.

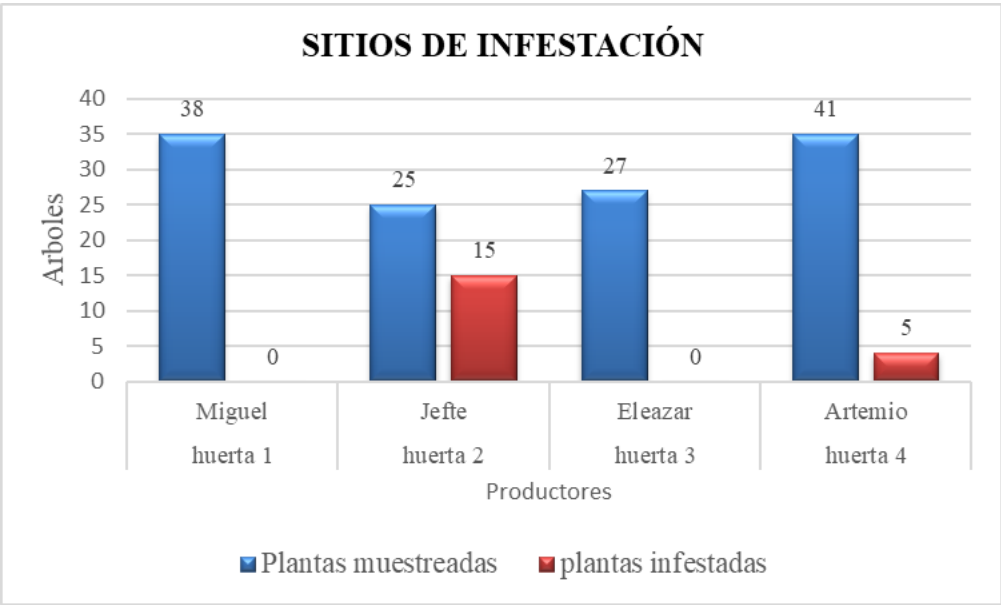


Fig. 2. Infestación del perforador del hueso del aguacate por huerta.

En la Figura 3 podemos notar que en el primer muestreo en la huerta 1 y 3 no se encontró ningún daño al cultivo, mientras que en la huerta 2 se obtuvo un 60.0% y en la huerta 4 un 14.0% de daño; al implementar las medidas de manejo y control logramos observar que disminuye significativamente la infestación a un 12.0 y 2.8 %, respectivamente.

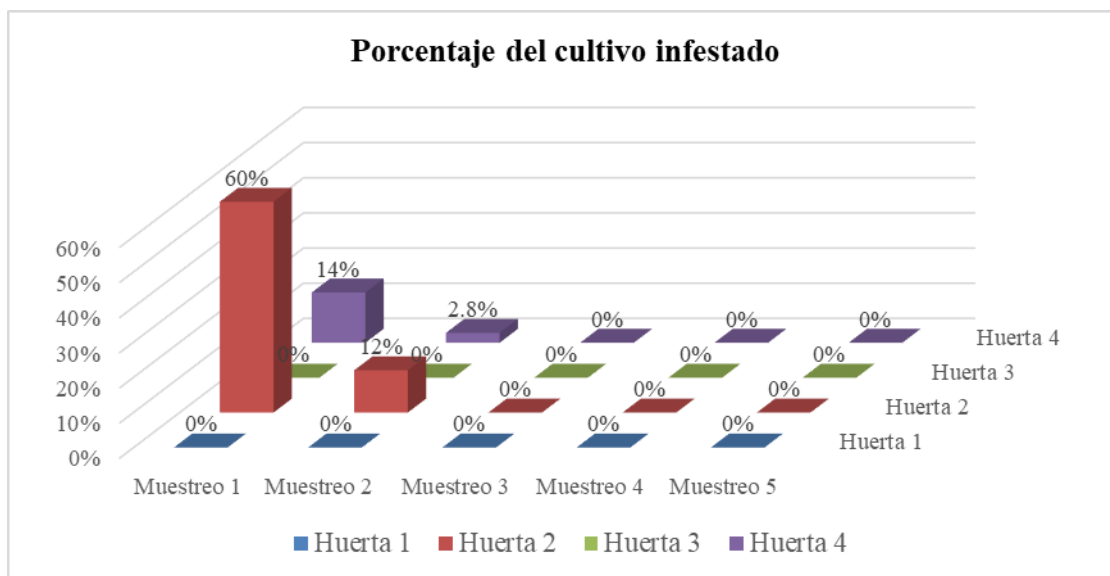


Fig. 3. Porcentaje de disminución de daño al aplicar control químico.

Conclusiones

Para la eliminación del barrenador de hueso *H. lauri* se requiere realizar un diagnóstico y muestreos para detección de áreas o sitios infestados independientemente del porcentaje poblacional de esta plaga, es obligatorio realizar un control cultural y químico empleando productos selectivos como el malatión, debido a que es muy eficiente cuando la plaga aun no oviposita los huevecillos. Es importante hacer las aplicaciones cada 10 días como recomendación para asegurar la eliminación del adulto y con ello asegurar una buena producción y tener frutos de calidad durante el año, también se recomienda hacer rotación de productos químicos que cuenten con ingrediente activo la cipermetrina como de igual manera realizar un manejo cultural estricto en el que no se permita la presencia de malezas o alguna planta que hospede al insecto y contar con algún equipo de fumigación presurizado que permita hacer un asperjamiento completo en los árboles.

Referencias Citadas

1. Diaz G.V., Caicedo V.A.M., Carabalí M.A. 2017. Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Colombia. Acta Zoológica Mexicana. 33(2): 231-242.
2. Torres P.V.H. 2009. La competitividad del aguacate mexicano en el mercado estadounidense. Revista de Geografía Agrícola. 43: 61-79.
3. Castañeda-Vildózola, A., Equihua-Martínez, A., Franco-Mora, O., González-Huerta, A. & Palacios-Torres, R.E. 2012. Longevidad, fertilidad y fecundidad de *Heilipus*

- lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) bajo condiciones de laboratorio. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 13, 1-7.
4. Caicedo R.L.; Varón D.E.; Bacca T.; Carabali A. 2010. Daños ocasionados por el perforador del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Tolima (Colombia) Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 11(2): 129-136.
 5. Castañeda, A. 2008. Bioecología del barrenador grande de la semilla del Aguacate *Helipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en la Región Central de México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco.
 6. SENASICA. 2009. Campaña Manejo Fitosanitario del Aguacate. Manejo Integrado de los barrenadores del hueso y ramas. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Estado de México.
 7. SAGARPA. 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Monografía de cultivos: aguacate. Gobierno Federal, México.
 8. Bravo, J. 2011. Muestreo para determinar la incidencia y presencia del barrenador de ramas (*Coptorus aguacatae* Kissinger) y barrenador pequeño del hueso del aguacate (*Conotrachelus persea* Barber) en el Municipio de la Reyes Salgado. Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología. Presidente Juárez.
 9. SIAP. 2016. Servicio De Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de <http://www.gob.mx/siap/>.
 10. SENASICA, 2010. Plagas Reglamentadas del Aguacatero. <http://www.senasica.gob.mx/?id=675&contenido=6966>.
 11. Perera, G. S. (2018). Plagas y enfermedades del aguacate: identificación y control. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. 50p.

Evaluación de tres extractos vegetales para el control de insectos chupadores en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum*) en macro túnel

Concepción Fierro Ortiz^{1*}
Julia María Zárate Hernández¹
David Martínez Sánchez²

Resumen

El chile serrano es la segunda variedad más producida en México, con un rendimiento promedio de 60 ton ha⁻¹ y un rendimiento por planta de 1.7 kg. Se consume en fresco para la elaboración de salsas y picado en cualquier platillo. En el ámbito económico se generan ganancias al comercializarlo y ayuda a las necesidades básicas de la familia: alimento, vivienda y vestimenta. Este cultivo es una buena alternativa de producción para los productores, sin embargo, la calidad de la producción ha sido baja y no se ha podido alcanzar márgenes que beneficien a los agricultores por el daño ocasionado por plagas. Actualmente para combatir las plagas se ha usado el control químico, pero representa un incremento en el costo de producción, además de generar contaminación ambiental y presencia de residuos en la cosecha. Por ello en la presente investigación se utilizaron tres extractos vegetales acuosos (epazote, ajo y paraíso) para el control de insectos chupadores en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum*), los cuales actúan como repelentes afectando principalmente el sistema nervioso de los insectos, esto fue con el objetivo de evaluar la eficacia y rentabilidad de métodos de control más amigables con el ambiente y la salud del consumidor. Como resultado se obtuvo que las especies vegetales evaluadas como extracto vegetal mostraron efecto para el control de insectos chupadores (trips, pulgón, mosca blanca, araña roja, cochinilla y chicharrita), causando toxicidad, mortalidad, paralizando el sistema nervioso, inhibición del crecimiento y supresión del comportamiento reproductivo de las plagas.

Palabras clave: plagas, extractos vegetales, control químico.

¹Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Sola de Vega, Oaxaca, C.P. 71400, México.

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Oaxaca. Calle Hornos 1003. C.P. 71233. Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Autor para la correspondencia: conchitaferro99@gmail.com

Introducción

La importancia del cultivo del chile serrano en México se deriva tanto por la extensa superficie establecida, como por su amplio consumo en el medio rural y urbano, se consume en fresco para la elaboración de salsas y picado en cualquier platillo; además, posee propiedades medicinales, cosmetológicas y como componentes en la elaboración de insecticidas. En el ámbito económico se generan ganancias al comercializarlo y ayuda a las necesidades básicas de la familia: alimento, vivienda y vestimenta. El chile serrano es la segunda variedad más producida en México, con un rendimiento promedio de 60 ton ha⁻¹ y un rendimiento por planta de 1.7 kg. La mayor superficie del cultivo de chile se encuentra en la parte norte del estado y contribuye con más de 90 % del volumen de la producción estatal, la cual se comercializa y se consume en fresco (1).

Este cultivo es una buena alternativa de producción para los productores, sin embargo, la calidad de la producción ha sido baja y no se ha podido alcanzar márgenes que beneficien a los agricultores por el daño ocasionado por plagas como mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), Araña roja *Tetranychus urticae* C.L. Koch (Prostigmata: Tetranychidae), Trips *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), Pulgón *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), Chicharrita *Empoasca* spp. Walsh (Hemiptera: Cicadellidae), Cochinilla algodonosa *Phenacoccus solani* Ferris (Hemiptera: Pseudococcidae) (2-6). Actualmente para combatir las plagas se ha usado el control químico, sin embargo, no ha resultado efectivo ya que representa un incremento en el costo de producción, además de generar contaminación ambiental y presencia de residuos en la cosecha (7).

Por ello en la presente investigación se tiene como objetivo de evaluar la eficacia y rentabilidad de extractos vegetales como método de control más amigable con el ambiente y para la salud del consumidor.

Materiales y Métodos

El proyecto se llevó a cabo en el periodo mayo-agosto del 2019 en el campo experimental del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) en Santa Cruz Xoxocotlán, se localiza en la región de los Valles Centrales, pertenece al distrito del centro y se ubica en las coordenadas 96°44' longitud oeste, 17°02' latitud norte y a una altura de 1530 metros sobre el nivel del mar.

Preparación del terreno. Se realizó la limpieza en el interior del macrotúnel desalojando las malezas y residuos de cultivos anteriores, se quitó el acolchado y se recogieron las cintillas que contenían las camas, posteriormente se hizo la limpieza alrededor (exterior) del macrotúnel quitando pastos y hierbas presentes. Un día después de realizar el riego pesado a las parcelas se hizo el trasplante de las plantas del chile serrano, se trasplantaron 10 plantas en forma de zigzag en cada parcela a una distancia de 40 cm entre ellas, en total se trasplantaron 120 plántulas por que se tenían 12 parcelas, tres parcelas por cama.

Elaboración y colocación de las trampas. Se elaboraron trampas pegajosas (amarillas y azules) de plástico de 20x25 cm, una vez cortadas las placas se pegaron con cinta adhesiva las orillas de una placa azul con una amarilla para formar una sola placa y así sucesivamente hasta tener 12 placas, de ahí se sujetaron las orillas de la placa en dos carrizos y se les aplicó aceite comestible en ambos lados de la placa, al terminar de elaborar las 12 trampas se colocó una trampa en medio de cada tratamiento y de igual manera a las tres parcelas testigos. Después se realizaron trampas de agua, las cuales eran bandejas de color amarillo y azul que

contenían agua mezclada con jabón (el jabón se usó para romper la tensión superficial del agua y las plagas no pudieran salir), se colocaron las trampas de agua (bandejas de color azul y amarillo) sobre los bordos, una de cada color en cada parcela. La colocación de las trampas pegajosas se realizó a los 15 días después del trasplante y las trampas de agua se colocaron a los 20 días después del trasplante.

Obtención de extractos vegetales. Se utilizaron tres especies vegetales, epazote, ajo y paraíso. Del epazote y el paraíso se utilizaron hojas frescas, y del ajo los bulbos. La obtención de los extractos vegetales se realizó mediante el método de maceración-decocción, el cual consistió en dejar reposar 200g de la parte vegetal en 2 litros de agua durante 24 horas y posteriormente hervir durante 20 minutos para obtener los extractos crudos a una concentración del 10%.

Aplicación de los tratamientos. La aplicación de tratamientos se comenzó a los 20 días después del trasplante, se establecieron tres repeticiones por tratamiento, además un testigo sin aplicación de extractos vegetales. La cantidad de extracto fue aumentando de acuerdo a la etapa fenológica en que se encontraba la planta. La aplicación se realizó de forma foliar cada 7 días durante la tarde.

Monitoreo de plagas. Se contó con 12 parcelas con 10 plantas cada una, cada parcela fue un tratamiento diferente. Para monitorear las ninfas y los adultos insectos plaga se contabilizó de forma manual tomando datos de 4 plantas por repetición de cada tratamiento las cuales fueron seleccionadas completamente al azar y hacer un promedio por tratamiento. La revisión se realizó cada cinco días y se llevó un registro de los insectos chupadores presentes.

Número de insectos chupadores por planta. El conteo inicial se realizó a los 19 días después del trasplante para verificar la presencia de plagas. Se realizó la toma de datos cada 5 días y se finalizó a los 74 días después del trasplante. Se observó el haz y el envés de las hojas de la planta con ayuda de una lupa y se contabilizó el número de insectos presentes.

Resultados y Discusión

Los extractos vegetales son sustancias activas obtenidas de una planta, dentro de su estructura contienen compuestos conocidos comúnmente como alcaloides, las cuales actúan como agentes, insecticidas, repelentes, afectando principalmente el sistema nervioso de los insectos. Las sustancias activas de los extractos se incorporan a un líquido que puede ser agua o alcohol, la extracción puede ser en caliente o en frío y el método de extracción depende de la parte de la planta a emplear. Como ya se mencionó anteriormente los extractos vegetales actúan como biocontroladores, debido a la presencia de metabolitos secundarios. Estos son normalmente no esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, esteroides y ácidos grasos (8).

Los metabolitos de algunas plantas producen efectos tóxicos al ser ingeridos por los insectos, varios documentos han reportado propiedades entomotóxicas de extractos crudos en diferentes especies vegetales. Los extractos actúan de varias maneras, ya sea paralizando el sistema nervioso o deteniendo la respiración del insecto; una de las características importantes de estos insecticidas, es que penetran la cutícula y no necesitan ser ingeridos; por otro lado, tienen una vida muy corta (horas o días), por lo que es indispensable que el insecto sea tocado por las gotas del extracto. Aunque la mayoría de los extractos de especies vegetales que se utilizan como insecticidas no eliminan al insecto por intoxicación, sino que generalmente inhiben el desarrollo normal de estos al actuar como repelentes o disuasivos de alimentación u ovoposición (9).

Número de plagas por planta. Los resultados obtenidos muestran que todos los tratamientos evaluados tuvieron efecto sobre las poblaciones de insectos chupadores en el cultivo de chile serrano, hubo un control de insectos por lo que las poblaciones no aumentaron significativamente. A los 34 días después del trasplante hubo un aumento de plagas debido a que en el cultivo comenzaba la floración. El tratamiento con mejor efecto fue el extracto de paraíso (Figura 1).

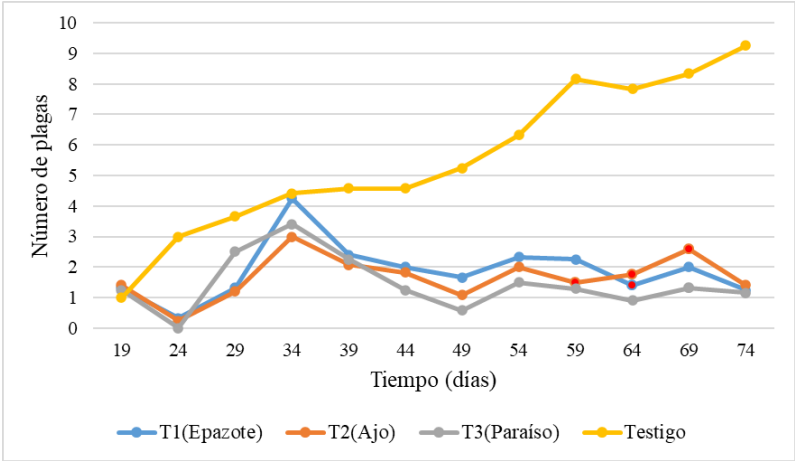


Fig. 1. Numero de plagas presentes en el cultivo de chile serrano.

Porcentaje de insectos chupadores. Se realizó un conteo de cada plaga de las plantas seleccionadas por tratamiento, cada tratamiento tomó el valor de 100 %, esto con la finalidad de conocer en que plaga hizo más efecto el tratamiento aplicado. Para calcular el porcentaje se contaron el total de las plagas chupadoras que se presentaron en cada tratamiento. Se observó que la plaga que más se presentó en las plantas en los tres tratamientos y el testigo fue pulgón (Figura 2).

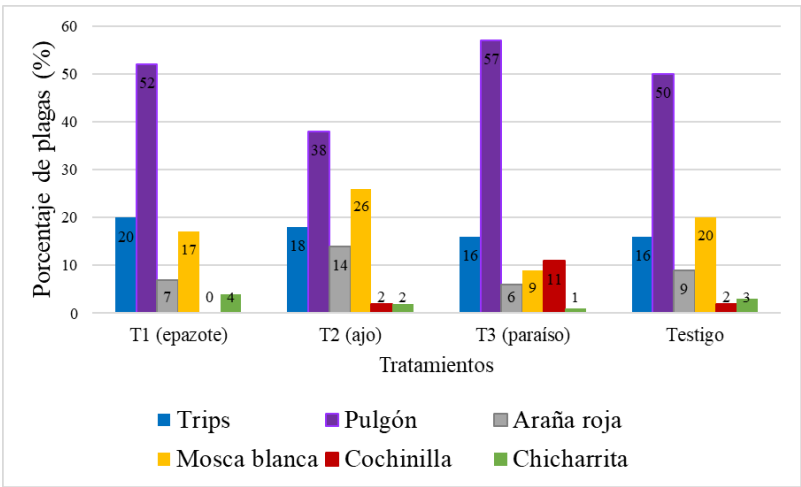


Fig. 2. Porcentaje de plagas por tratamiento aplicado en el cultivo de chile serrano.

Conclusiones

Los extractos vegetales son efectivos para el control de las plagas del cultivo de chile serrano. Las especies vegetales evaluadas como extracto vegetal mostraron efecto para el control de insectos chupadores (trips, pulgón, mosca blanca, araña roja, cochinilla y chicharrita). El extracto de ajo controló la mayoría de los insectos chupadores que se presentaron en el cultivo.

Referencias Citadas

1. Partida, S.A., Quezada, C.S. 2012. De los nombres del chile y sus variedades principales en tierras Nayaritas. Revista Fuente. 4(10): 50-55.
2. García, S. J., Nava, P. R. 2009. El chile jalapeño: su cultivo de temporal en Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo. Centro de Investigación Regional Sureste, Campo Experimental Chetumal. Folleto Técnico No. 2, Chetumal, Quintana Roo. 64p.
3. Martínez E. I. 2013. Caracterización morfológica de tres colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) de la región Sur del Estado de México. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma del Estado de México. Tenancingo del Estado de México. 119p.
4. Juárez, D. E. 2014. Determinación de especies de trips (Thysanoptera: thripidae) en cinco variedades de rosa Rosa hybrida en localidades de Tenancingo y Villa Guerrero, Estado de México. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma del Estado de México. Tenancingo del Estado de México. 100p.
5. Mamoon-Ur-Rashid, M., Salim, M., Jilani, Khan, Q., Malik, M. H., Sayal, O. U., Khan, M. P., Nawaz, S. 2016. Evaluation of neem (*Azadirachta indica*) derivatives against jassids (*Emrasca devastans*) and cotton mealybug (*Phenacoccus solenopsis*), and side effects on the feeding potential of green lacewing (*Chrysoperla carnea*) on cotton aphid (*Aphis gossypii*). Pakistan Journal of Zoology, 48(6).
6. Xiaoming Cai, Zongxiu Luo, Zhaona Meng, Yan Liu, Bo Chu, Lei Bian, Zhaoqun Li, Zhaojun Xin, Zongmao Chen. 2020. Primary screening and application of repellent plant volatiles to control tea leafhopper, *Empoasca onukii* Matsuda. Pest Management Science. 76(4): 1304-1312.
7. Furihata S, Kasai A, Hidaka K, Ikegami M, Ohnishi H, Goka K. 2019. Ecological risks of insecticide contamination in water and sediment around off-farm irrigated rice paddy fields. Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987). 251: 628-638.
8. Chaves, B. A. 2010. Identificación, control de plagas y enfermedades en hortalizas con el uso de extractos naturales, hongos antagonistas y entomopatógenos. Costa Rica.
9. Mejía, S. J. 2016. Evaluación de extractos vegetales a base de meliáceas en el control del gusano barrenador de la caña de azúcar. Quintana Roo.

