

Efecto repelente de tres extractos vegetales sobre plagas del cultivo de *Capsicum chinense*

Repellent effect of three plant extracts on pests of the crop of *Capsicum chinense*

José Alberto Gío-Trujillo^{1*},
José Luis Cámara-Romero²

¹Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable. Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n, CP. 97345, Conkal, Yucatán, México.

²Doctorado en Ciencias Ambientales. Centro de Ciencias de Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Guerrero. Privada de Laurel No. 13. El roble. CP. 39640. Acapulco, Guerrero, México.

*Autor de correspondencia:
DD20800277@conkal.tecnm.mx

Nota científica

Recibida: 30 de enero 2023

Aceptada: 17 de octubre 2023

Como citar: Gío-Trujillo JA, Cámara-Romero JL (2023) Efecto repelente de tres extractos vegetales sobre plagas del cultivo de *Capsicum chinense*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. III: e3614. DOI: 10.19136/era.a10nIII.3614

RESUMEN. El objetivo fue evaluar el efecto repelente de extractos etanólicos de *Azadirachta indica*, *Pachyrhizus erosus* y *Gliricidia sepium*, sobre plagas de *Capsicum chinense*. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos (T1 = *A. indica*; T2 = *P. erosus*; T3 = *G. sepium*) y un testigo, con 15 plantas por tratamiento. Se usó el método de maceración-infusión en EtOH para la extracción de los tratamientos. Aplacándose cada 7 días en dosis de 15 mL L⁻¹/agua. Se realizaron 12 muestreos diurnos con frecuencia de siete días. Se contabilizó la incidencia de 576 individuos plaga, distribuidos en ocho especies. Las especies con mayor incidencia se registró en *Bermisia tabaci*, *Epitrix* spp. y *Myzus persicae*. Los tratamientos T3 y T2, representan los extractos con menor incidencia en succionadores y perforadores del fruto. El efecto repelente de los extractos evaluados, permitirá integrar recursos botánicos locales como parte de un manejo sustentable de la fitosanidad agrícola.

Palabras clave: *Azadirachta indica*, chile habanero, *Gliricidia sepium*, *Pachyrhizus erosus*, plagas agrícolas.

ABSTRACT. The objective was to evaluate the repellent effect of ethanolic extracts of *Azadirachta indica*, *Pachyrhizus erosus* and *Gliricidia sepium*, on *Capsicum chinense* pests. A randomized complete block design was used with three treatments (T1 = *A. indica*; T2 = *P. erosus*; T3 = *G. sepium*) and a control, with 15 plants per treatment. The maceration-infusion method in EtOH was used for the extraction of the treatments. Applying every 7 days at a dose of 15 mL L⁻¹/water. 12 diurnal samplings were carried out with a frequency of seven days. The incidence of 576 pest individuals was recorded, distributed in eight species. The species with the highest incidence was recorded in *Bermisia tabaci*, *Epitrix* spp. and *Myzus persicae*. Treatments T3 and T2 represent the extracts with the lowest incidence of fruit suckers and perforators. The repellent effect of the evaluated extracts will allow the integration of local botanical resources as part of sustainable management of agricultural phytosanitary.

Key words: *Azadirachta indica*, habanero pepper, *Gliricidia sepium*, *Pachyrhizus erosus* agricultural pests.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Capsicum chinense* (Jacq.) es uno de los principales productos agrícolas en el sureste de México (Yucatán, Campeche, Quintana Roo y Tabasco). El estado de Yucatán, es considerado el centro de dispersión genética y uno de los principales productores a nivel nacional (López-Espinosa *et al.* 2018), aportando más del 40% de la producción y cerca del 80% de la superficie sembrada en México (Ramírez *et al.* 2018, Flores-López y Sánchez Osorio 2020). Sin embargo, una de las limitantes del cultivo de *C. chinense* (Jacq.) en México es la fuerte incidencia de plagas, considerados el principal factor que reduce la calidad, el rendimiento y la productividad del cultivo (Chávez-Díaz y Zavaleta-Mejía 2019, Moctezuma-Bautista *et al.* 2021). Los principales Insectos-plaga succionadores del follaje identificados son *Bermisia tabaci* (mosca blanca), *Empoasca* spp. (chicharrita) y *Myzus persicae* (pulgón), y perforadores del fruto como *Heliothis zea* (gusano del fruto) y *Anthonomus eugenii* (picudo del fruto) son considerados como los principales agentes-plaga en *C. chinense* en la península de Yucatán (Chávez-Díaz y Zavaleta-Mejía 2019, Martín-Mex *et al.* 2020).

Actualmente el control fitosanitario de este cultivo se realiza principalmente con insecticidas químicos. No obstante, los efectos negativos en el medio ambiente (suelo, mantos acuíferos, etc.), así como daños a la salud por el uso indiscriminado de los insecticidas químicos, ha provocado la restricción de estos productos (Ramírez *et al.* 2018, Monsalvo-Espinosa *et al.* 2020). Una estrategia para combatir esta problemática, es el manejo agroecológico del cultivo de chile habanero (Cantúa-Ayala *et al.* 2019).

Tomando en cuenta el uso de plaguicidas botánicos con efecto biocida, como parte de un manejo integral de plagas y enfermedades (MIPE) en los cultivos, enfocándose con una perspectiva de sustentabilidad (Wahengbam *et al.* 2023).

El México, el uso de insecticidas botánicos en la agricultura es sin duda la alternativa factible para sustituir a los plaguicidas sintéticos (Castresana y Puh 2018, Murillo-Cuevas *et al.* 2020). Se han evaluado el uso de productos con base en especies

botánicas con efectos bioinsecticida o repelente en diversos cultivos. El neem (*Azadirachta indica*), una de las especies con mayor potencial biocida, representa la especie botánica más comercializada para su uso en hortalizas y especies frutales (Pérez-Verdugo *et al.* 2019, Ruiz-Sánchez 2022). En general, una gran diversidad de recursos botánicos locales presentan algún tipo de efecto nocivo, inhibitorio o repelente sobre plagas de interés agrícola. En el sureste de México, las especies como la jícama (*Pachyrhizus erosus*) y matarratón o cocoite (*Gliricidia sepium*) se consideran un importante recurso fitogenético y multi-propósito frecuentemente empelados como alimento para consumo humano, uso medicinal (Lim 2016, Antonio-Irinea *et al.* 2021, Hernández-Guzmán *et al.* 2022) y un efecto biocida sobre plagas y parásitos agropecuarios (Canul-Solís *et al.* 2018, Sorensen *et al.* 2023). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar extractos etanólicos de *Azadirachta indica*, *Pachyrhizus erosus* y *Gliricidia sepium*, sobre la repelencia de plagas de interés para el cultivo de *Capsicum chinense* (Jacq.) en condiciones de campo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el Centro Regional Universitario Península de Yucatán (CRUPY) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), entre las coordenadas 21.062479 -89.595743. El cultivo de *C. chinense* (Jacq.) se estableció en un área de 228 m², que se dividió en 10 lotes de 6.48 m² cada uno, con una división entre lotes de 1.12 m y 1.40 m de separación entre tratamientos.

Manejo del cultivo

Se usaron semillas de *C. chinense*, Var. anaranjado magnum de la marca PASE SEEDS[®], para el establecimiento del semillero. Las plántulas se trasplantaron a campo cuando tenían una altura de entre 18-20 cm con 10 hojas verdaderas como lo indica Mendoza-Elos *et al.* (2020). El cultivo se estableció en un suelo Hyperskeletal Lep-tosol (Lphk) (IUSS 2015), correspondiente a un suelo

con tonalidad café oscuro con pedregosidad media-alta. Característico de un suelo Ch'ich'lu'um (nomenclatura maya) (Bautista 2021). La fertilización del cultivo se llevó a cabo mediante la aplicación 130, 120 y 160 unidades de N, P, K, respectivamente (Ramírez-Vargas *et al.* 2019). El control de arvenses se realizó de forma manual, realizando deshierbes cada cuatro días para un mejor manejo fitosanitario. No se aplicaron productos químicos para el control de patógenos. También se omitió el uso de trampas para áfidos o cualquier barrera biológica. La temperatura y humedad relativa durante todo el estudio fue de 29.8 °C promedio, con máxima de 30.8, y mínima de 29.25 °C, y humedad relativa del 54.66%, la cual se determinó con un termómetro higrómetro digital THERMOPRO®.

Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos (T1 = semillas maduras de *A. indica*; T2 = semillas maduras de *P. erosus*; T3 = hojas frescas de *G. sepium*) y control negativo (testigo = Agua destilada). Cada tratamiento estaba constituido por cinco repeticiones con 15 plantas por unidad experimental (lote).

Obtención de los extractos vegetales

Se emplearon semillas maduras de *P. erosus* (L. Urban.) Urb., *A. indica* (A. Juss.) y hojas frescas de *G. sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., para la preparación de los extractos vegetales. El material vegetal se obtuvo en el TECNM, campus Tizimín, México. Las hojas frescas se recolectaron de árboles adultos de *G. sepium*, establecidas en el área de producción agrícola. Para las semillas, se colectaron semillas maduras de *A. indica* y *P. erosus* del banco de germoplasma del TECNM, Campus Tizimín. El material vegetal fue secado en condiciones ambientales por cuatro días para las hojas frescas y seis para las semillas maduras.

El método empleado para la extracción de los tratamientos botánicos fue por medio de maceración-infusión. Posteriormente al secado, se procedió a la molienda en un molino comercial de ½ HP. El mate-

rial resultante se homogeneizó con un tamiz de malla de 2 mm (2000 μ). La molienda de cada tratamiento fue disuelta en etanol al 95% por 24 horas. Por cada 40 g de material vegetal se emplearon 100 ml de EtOH al 95% (T1 = 100 g de semillas molidas de *A. indica*/250 ml de EtOH al 95%; T2 = 100 g de semillas molidas de *P. erosus*/250 ml de EtOH al 95%; T3 = 150 g de hojas de *G. sepium*/375 ml de de EtOH al 95%) (Benítez-Benítez *et al.* 2019, Gío-Trujillo *et al.* 2023). El proceso de infusión (baño maría) constó en alcanzar su punto de ebullición (120 °C por 15 minutos). Al término de la maceración-infusión, el material excedente fue filtrado en papel filtro Whatman N°1 y almacenado a temperatura ambiente (Gío-Trujillo *et al.* 2023).

Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron desde el día siete después del trasplante (DDT), en horarios vespertino (5:00 pm) para evitar cualquier influencia negativa de la irradiación solar. Los tratamientos fueron asperjados en el haz y envés de las hojas para mayor contacto de los extractos aplicados. Las aspersiones se aplicaron por medio de una bomba fumigadora manual de 20 L (PRETUL FUM-20P), a razón de 300 mL por 20 L (15 mL L⁻¹). Durante el trasplante, desarrollo vegetativo, floración, fructificación y madurez comercial del fruto, en total se realizaron 13 aplicaciones (7,14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84 y 91 DDT)

Muestreo de incidencia de plagas

Los muestreos se realizaron de las 6:00 a 7:00 h a un grupo de 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento. Tomando en cuenta para la incidencia de plagas el haz, envés de la hoja, tallo, rama, flores y frutos, el conteo de individuos se realizó por medio del método manual y visual de conteo de plagas (Murillo-Cuevas *et al.* 2020).

La identificación de los insectos plaga se llevó a cabo con el apoyo de la descripción morfológica y daños de plagas en chile habanero, presentado por Martín-Mex *et al.* (2020). Los muestreos se realizaron una vez por semana desde el inicio de la segunda aplicación (15 DDT). En total se desarrollaron 12

muestreos (15, 22, 29, 36, 43, 50, 57, 64, 71, 78, 85 y 92 DDT).

Para determinar el porcentaje de repelencia se empleó la ecuación (Zhao *et al.* 2023): $PR = (Nc - Nt) / (Nc + Nt) \times 100$. Donde: Nc = al número de insectos en el área control; Nt = Número de insectos en el área tratada. En caso del registró de números negativos en el porcentaje de repelencia (-), se toman como tratamientos atrayentes de individuos plagas (Fernández-Ruiz *et al.* 2018).

Análisis de los datos

Los datos se analizaron estadísticamente por medio de un ANOVA para un diseño en bloques completos al azar. Para la comparación de medias de los tratamientos se empleó una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se usó el software InfoStat/L 2020 para el análisis de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró la incidencia de 576 individuos categorizados como insectos plaga. Se identificaron ocho diferentes especies, divididas entre succionadores de savia, follaje y perforadores del fruto. Así como una diversidad de insectos trozadores y defoliadores de hojas como hormigas (formicidae), gusano soldado (*Spodoptera* spp.) e individuos pertenecientes a la familia Gryllidae. Se presentaron diferencias significativas en *Bermisia tabaci* (mosquita blanca), *Empoasca* spp. (chicharrita) e insectos trozadores del follaje. La mayor incidencia en el cultivo fue de insectos-plaga succionadores como *Bermisia tabaci*, con una ocurrencia de 367 (13.1 ± 5) individuos avistados. Lo que representó el 64% de avistamientos en el estudio. Los individuos identificados como *Epitrix* spp. (pulga saltona), *Myzus persicae* (pulgón verde) y *Empoasca* spp., registraron una ocurrencia de 367 (13.1 ± 5), 73 (2.6 ± 2), 45 (11.6 ± 1) y 33 (1.2 ± 1) de individuos avistados, respectivamente (Tabla 1). La misma tendencia encontrada fue señalada por Ortega-Arenas y Carapia-Ruiz (2020) para *B. tabaci*, identificándola como la principal plaga a manejar en cultivos de hortalizas de México. Li *et al.* (2021), señala a *B. tabaci*, como la plaga de mayor

importancia en la producción hortícola en el mundo, principalmente por los daños en producción de fruto y rendimientos en los cultivos. La cual la convierte en la plaga de mayor relevancia para su manejo mediante el uso de plaguicidas sintéticos y diversas estrategias biológicas. En contraste, los trozadores de follaje y plagas perforadoras del fruto como *Heliothis zea* (gusano del fruto) y *Anthonomus eugenii* (barrenillo del chile), fueron los insectos-plaga de menor presencia en el estudio, representando solamente el 5% de avistamientos. En relación a su repelencia, el gusano del chile, registró el 100% en T2 (*P. erosus*) y T3 (*G. sepium*). El barrenillo del fruto, registro el 100% de repelencia en T3 y un 50% en T2 y T1 (*A. indica*) (Tabla 2).

Las plantas del control negativo presentaron el número más alto de incidencia de plagas, con 196 (3.5 ± 0.6) individuos identificados durante toda la fenología del cultivo. Por otro lado, en relación a la aplicación de los extractos vegetales, las plantas tratadas con el extracto etanólico de semillas maduras de *A. indica*, registraron el mayor avistamiento de plagas con 175 individuos (3.1 ± 5) y el menor porcentaje de repelencia (<6%). Asimismo, el grupo experimental con la aplicación del extracto de *G. sepium*, presentaron la menor incidencia de plagas en el estudio con 91 (1.6 ± 3) individuos y la mayor repelencia registrada con 36.58%, seguido del grupo con la aplicación del extracto de *P. erosus* con 114 (2 ± 3) individuos y una repelencia del 26.45% (Tabla 1 y 2).

La repelencia en los mejores tratamientos de extractos (T3 y T2), registraron una reducción del 53.57 y 41.84%, respectivamente, comparándolos con el control negativo. Lo que infiere un efecto repelente y biocida de los extractos evaluados. Similares aseveraciones con respecto a la aplicación de biocidas naturales en *Capsicum* sp, lo reportan Castresana y Puh (2018) al registrar la disminución poblacional de pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*) persistentes en cultivos de *Capsicum annum* (L.), manejados orgánicamente mediante la aplicación de extractos de Nimm y ajo. En un cultivo de Berenjena, Pérez-Verdugo *et al.* (2019), evaluaron diversos extractos botánicos sobre la repelencia de *B.*

Tabla 1. Cuento de la incidencia de plagas en un cultivo de *Capsicum chinense* Jacq.,

ID	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Empoasca</i> spp.	<i>Liriomyza</i> spp.	<i>Epitrix</i> spp.	<i>Myzus persicae</i>	<i>Heliothis zea</i>	<i>Anthonomus eugenii</i>	Trozadores de follaje
T1	15.57 ± 3.26 b	1.57 ± 0.79 b	1.29 ± 0.76 a	3.57 ± 1.72 a	2.0 ± 1.15 a	0.71 ± 1.50 a	0.29 ± 0.76 a	0 ± 0 a
T2	10.0 ± 2.08 a	1.57 ± 0.53 b	0.71 ± 0.49 a	2.43 ± 1.72 a	1.29 ± 1.25 a	0 ± 0 a	0.29 ± 0.76 a	0 ± 0 a
T3	8.29 ± 1.70 a	0.71 ± 0.49 a	1.14 ± 0.69 a	1.57 ± 1.13 a	1.29 ± 1.25 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a
CN	18.57 ± 2.99 b	0.86 ± 0.38 ab	1.00 ± 0.82 a	2.86 ± 1.77 a	1.86 ± 1.21 a	0.86 ± 1.86 a	0.86 ± 2.27 a	1.14 ± 0.69 b

T1 = Tratamiento 1 (*Azadirachta indica*); T2 = Tratamiento 2 (*Pachyrhizus erosus*); T3 = Tratamiento 3 (*Gliricidia sepium*) CN = Control Negativo. Medias con literales diferentes presentan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Tabla 2. Porcentaje de repelencia de cada uno de los tratamientos en el cultivo de *Capsicum chinense* Jacq.,

ID	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Empoasca</i> spp.	<i>Liriomyza</i> spp.	<i>Epitrix</i> spp.	<i>Myzus persicae</i>	<i>Heliothis zea</i>	<i>Anthonomus eugenii</i>	Trozadores de follaje	Repelencia total
%									
T1	8.78	29.41	12.52	11.11	3.70	9.09	50.00	100.00	5.66
T2	15.78	29.41	16.66	8.10	18.18	100.00	50.00	100.00	26.45
T3	38.29	9.09	6.66	29.03	18.18	100.00	100.00	100.00	36.58

T1 = Tratamiento 1 (*Azadirachta indica*); T2 = Tratamiento 2 (*Pachyrhizus erosus*); T3 = Tratamiento 3 (*Gliricidia sepium*).

tabaci. Los extractos acuosos de *Croton itzaeus* y *Erythroxylum confusum*, registraron repelencia de adultos y ninfas. Los productos comerciales de extractos botánicos como *A. indica* (NIMICIDE) y *Argemone mexicana* (OMEGA), registrando resultados similares en repelencia de *B. tabaci*, con respecto al uso de productos convencionales como imidacloprid.

La menor incidencia de plagas y mayor porcentaje de repelencia en los grupos experimentales tratados con extractos de hojas de *G. sepium* frecuentemente se presentó en succionadoras del follaje como *B. tabaci*, *Empoasca* spp., *Epitrix* spp., *Myzus persicae* y causantes de daños en fruto como *Heliothis zea* y *Anthonomus eugenii*. En relación a los efectos repelentes y tóxicos de *G. sepium*, determinados en el estudio, autores como Nukmal *et al.* (2019), lo reportan como un medio de control para plagas de importancia agrícola, al registrar un efecto nocivo en *Planacoccus marginatus* (cochinilla harinosa). Asimismo, se ha observado un efecto larvicida en trozadores como *Helicoverpa armígera* (gusano cogollero) (Nimmy y Jose 2020). Lo que implica que la composición fitoquímica de *G. sepium*, compuesta de metabolitos secundarios pertenecientes a los grupos de flavonoides, cumarinas, terpenoides, saponinas y taninos (Jaramillo *et al.* 2020), presentan un efecto repelente en artrópodos (Cantúa-Ayala *et al.* 2019), larvicida, para *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Cortés-Guzmán *et al.* 2023) e ixodida,

frecuentemente en garrapatas y ácaros (Jaramillo *et al.* 2020).

El grupo experimental de aplicación de extracto de *P. erosus*, presentó mayor incidencia y repelencia (%) de *Liriomyza* sp. (minador de la hoja), *Myzus persicae* y nula presencia de plagas perforadoras del fruto durante los muestreos de la fase de fructificación y madurez comercial del fruto. La repelencia y toxicidad en insectos perforadores de frutos, de igual manera lo describe Cerna-Chávez *et al.* (2020), al determinar una mortalidad cerca del 80% en *Conotrachelus dimidiatus* y en combinación con hongos entomopatógenos alcanzaron hasta un 90%. Por su parte, el efecto repelente a trozadores o picudos del fruto descrito en el estudio se puede inferir a los metabolitos presentes en de *P. erosus*. Al respecto, Cantúa-Ayala *et al.* (2019) y Jaiswal *et al.* (2022), señalan que *P. erosus*, presenta más de 50 fitoquímicos (flavonoides, ácidos grasos, ácidos orgánicos, compuestos orgánicos volátiles (COV), etc. con diversas propiedades biológicas entre ellos, el isoflavonoide rotenona. Los cuales actúan como compuestos o señales repelentes y toxicidad ante insectos herbívoros (trozadores de follaje) u otros artrópodos (Minh *et al.* 2021, Sørensen *et al.* 2023). Mientras que Johari *et al.* (2020), determinaron un efecto repelente en plagas recurrentes en hortalizas, registrando que concentraciones elevadas de un extracto crudo de *P. erosus*, disminuyó la incidencia y

abundancia de *B. tabaci* y *A. gossypii*. Autores han reportado la toxicidad de semillas maduras de *P. erosus* en las principales plagas de interés agropecuario, inhibiendo la alimentación en thrips sp. (Johari *et al.* 2019), *Spodoptera litura* (gusano soldado) (Asra *et al.* 2022) e incidencia de *Plutella xylostella* (palomilla dorso de diamante) (Johari *et al.* 2022). Asimismo, los extractos de *P. erosus* ha mostrado una actividad inhibidora en hongos fitopatógenos como *Sclerotium*

rolfsii y *Ralstonia solanacearum* (Silva *et al.* 2023).

En general, los datos del presente estudio permiten seleccionar para futuros trabajos los extractos de *Gliricidia sepium* y *Pachyrhizus erosus*, por su potencial repelente en la incidencia de plagas en *C. chinense* (Jacq.). Las especies nativas de la región, tienen potencial para sustituir gradualmente el uso de plaguicidas sintéticos por parte de productores agrícolas de la región.

LITERATURA CITADA

- Antonio-Irineo N, Flota-Bañuelos C, Hernández-Marín A, Arreola-Enríquez J, Fraire-Cordero S (2021) Estudio preliminar sobre la inhibición *in vitro* de nematodos gastrointestinales de ovinos con extractos acuosos de plantas forrajeras. *Abanico veterinario* 11: 1-12. DOI: 10.21929/abavet2021.10.
- Asra R, Johari A, Musandi ZM, Lestari I (2022) The feeding activity and attack intensity of armyworms on mustard leaves with yam seed extract under laboratory conditions. *Journal of Entomological Research* 46: 478-482.
- Bautista F (2021) Clasificación de suelos de la península de Yucatán. En: Bautista F (Coord.) Los territorios kársticos de la península de Yucatán: caracterización, manejo y riesgos. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst. Ciudad de México. pp: 25-38.
- Benítez-Benítez R, Sarria-Villa RA, Gallo-Corredor JA, Pérez-Pacheco NO, Álvarez-Sandoval JH, Giraldo-Aristizabal CI (2019) Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 15: 31-40.
- Cantúa-Ayala JA, Flores-Olivas A, Valenzuela-Soto JH (2019) Volatile organic compounds of plants induced by insects: current situation in México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 729-742.
- Canul-Solís J, Alvarado-Canché C, Castillo-Sánchez L, Sandoval-Gío J, Alayón-Gamboa J, Piñeiro-Vázquez A, Chay-Canul A, Casanova-Lugo F, Ku-Vera J (2018) *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. una especie arborea multipropósito para la sustentabilidad de los agroecosistemas tropicales. *Agroproductividad* 11: 195-201.
- Castresana JE, Puhl L (2018) Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo cubierta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12: 136-146.
- Chávez-Díaz IF, Zavaleta-Mejía E (2019) Molecular communication in the pathosystem *Capsicum* species-*Phytophthora capsici*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37: 251-278.
- Cerna-Chávez E, Lira-Ramos KVD, Ochoa-Fuentes YM, Delgado-Ortiz JC, Cepeda-Siller M, González-Gaona E (2021) Actividad de extractos de plantas y hongos entomopatógenos para el control del picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus* Champion) Coleóptera: Curculionidae. *Biotecnia* 23: 70-76.
- Cortés-Guzmán AJ, Miranda-Zamora EY, Mendoza-Benjamin D, Maruris-Reducindo M, Miranda-Juárez S, Godínez-Jaimes F, Valle-De la Paz M, Reyes-Ríos R (2023) Efecto Larvicida de *Gliricidia sepium* sobre *Aedes aegypti* L. y *Aedes albopictus*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7: 646-656.
- Fernández-Ruiz M, Yepes-Fuentes L, Tirado-Ballesteros I, Orozco M (2018) Actividad Repelente del aceite esencial de *Bursera* sp., Sarg, 1890, frente *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Anales de Biología* 40: 87-93.

- Flores-López ML, Sánchez-Osorio E (2020) Entorno productivo del chile habanero en la Península de Yucatán, México. En: Rodríguez BIM, Ramírez SMO (Goods). Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. México. pp: 315-332.
- Gío-Trujillo JA., Cámara-Romero JL, Monforte-Rodríguez A (2023) Acaricidal effect of *Pachyrhizus erosus* on *Varroa destructor* in *Apis mellifera*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 26(2): 9. DOI: 10.56369/tsaes.4509.
- Hernández-Guzmán H, Aguilar-Cordero WDJ, Salazar Gómez-Varela C (2022) Use and management of native edible roots and tubers in a Mayan community of Yucatan, Mexico. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional 32(59). DOI: 10.24836/es.v32i59.1177.
- IUSS Working Group WRB (2015) World reference base for soil resources 2014. In International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. 2015th ed. World Soil Resources Reports No. 106. FAO. Rome, Italy. 192p.
- Johari A, Widiyanti W, Zahwariah V, Muswita, Harlis, Naswir M (2022) The effect of yam seed extract on the abundance of armyworms and diamondback moths on an experimental garden scale. Journal of Entomological Research 46(suppl): 968-972.
- Johari A, Muswita, Lukman A, Dewi RS, Tommy M (2019) The effect of Yam seed (*Pachyrhizus erosus* urban) extract on the thrips feeding activity: Laboratory scale. Journal of Entomological Research 43: 257-262.
- Johari A, Handayani T, Dewi SM, Dewi RS (2020) The effect of yam seed (*Pachyrhizus erosus* Urban) extract on the abundance of *Bemisia tabaci* Genn. and *Aphis gossypii* Glover on eggplant plants. Journal of Entomological Research 44: 359-364.
- Jaiswal V, Chauhan S, Lee HJ (2021) The bioactivity and phytochemicals of *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.: a multifunctional underutilized crop plant. Antioxidants 11(1): 58. DOI: 10.3390/antiox11010058.
- Jaramillo HM, González A, Pedraza N, Sierra J, García G, Jara J (2020) Evaluación del efecto acaricida de *Momordica charantia*, *Megaskepsma erythrochlamys* y *Gliricidia sepium* sobre *Rhipicephalus microplus*. Rev. MVZ Cordoba 25: 42-50.
- Li Y, Mbata GN, Punnuri S, Simmons AM, Shapiro-Ilan DI (2021) *Bemisia tabaci* on vegetables in the Southern United States: incidence, impact, and management. Insects 12(3): 198. DOI: 10.3390/insects12030198.
- Lim TK (2016) *Pachyrhizus erosus*. In: Lim TK (ed) Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 10. Springer. Dordrecht, Nederland pp: 465-481.
- López-Espinosa ST, Latournerie-Moreno L, Castañón-Nájera G, Ruiz-Sánchez E, Gómez-Leyva JF, Andueza-Noh RH, Mijangos-Cortés JO (2018) Diversidad genética de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) mediante ISSR. Revista Fitotecnia Mexicana 41: 227-236.
- Nimmy M, Jose S (2020) Screening of larvicidal activity of crude leaf extracts of *Gliricidia sepium* against iv instar larvae of gram pod borer *Helicoverpa armigera*. Journal of Biology and Nature 12: 25-29.
- Nukmal N, Pratami G, Rosa E, Sari A, Kanedi M (2019). Insecticidal effect of leaf extract of gamal (*Gliricidia sepium*) from different cultivars on papaya mealybugs (*Paracoccus marginatus*, Hemiptera: Pseudococcidae). IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS) 12: 04-08.
- Martín-Mex, R, Nexticapán-Garcéz Á, Ruiz-Sánchez E (2020) Biología y manejo de plagas del cultivo de chile habanero. En Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de

- Yucatán. En: Rodríguez BIM, Ramírez SMO (coords) Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. México. pp: 42-54.
- Mendoza-Elos M, Zamudio Alvarez LF, Cervantes Ortiz F, Chable Moreno F, Frías Pizano J, Gámez Vázquez AJ (2020) Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 1749-1761.
- Minh TT, Toan HK, Anh HTL, Huong TT, Hoang VD (2021) Chemical Constituents from the Leaves of *Pachyrhizus erosus* Collected in Vietnam. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 69: 1136-1139.
- Moctezuma-Bautista K, Ortiz-García CF, Palma-López DJ, Cerón-Hernández LA, Fernández-Pavía SP, Rodríguez-Alvarado, Landero-Valenzuela N (2021) Etiología de la marchitez del chile habanero (*Capsicum chinense*) en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 39: 503-514.
- Monsalvo-Espinosa A, Coh-Méndez D, Carrillo-Ávila E, Santillán-Fernández A, Arreola-Enríquez J, Osnaya-González ML (2020) Características socioeconómicas de los productores de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), en Campeche, Mexico. *Agroproductividad* 13: 47-55.
- Murillo-Cuevas FD, Cabrera-Mireles H, Adame-García J, Fernández-Viveros JA, Villegas Narváez J, López-Morales V, Vázquez-Hernández A, Meneses-Márquez I (2020) Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia* 22: 39-47.
- Ortega-Arenas LD, Carapia-Ruiz VE (2020) Moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) en México: estatus, especies, distribución e importancia. *Dugesiana* 27: 37-54.
- Pérez-Verdugo OC, Ruiz-Sánchez E, Gamboa-Angulo M, Latournerie-Moreno L, Fernández-Concha GC, Cua-Basulto M, Chan-Cupul W (2019) Actividad biológica de productos derivados de plantas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22: 575-583.
- Ramírez MM, Arcos CG, Méndez AR (2018) Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9: 487-492.
- Ramírez-Vargas BA, Carrillo-Ávila E, Obrador-Olán JJ, Coh-Méndez D, Espinosa AM, Aceves-Navarro E (2019) Aplicación del modelo simplificado para estimar dosis sustentables de fertilización fosforada en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Investigación y Ciencia* 27: 23-33.
- Ruiz-Sánchez E (2022) Productos botánicos y microbiales para el manejo de plagas: Potencial y limitaciones. *Avances en Investigación Agropecuaria* 26: 9-10.
- Silva TM, Guimaraes RG, Martins AK, Silva-Filho DF, Ticona-Benavente CA (2023) *Pachyrhizus* toxicity: Genetic variability of mature and immature seeds and its effects on *Sclerotium rolfsii* and *Ralstonia solanacearum*. *Journal of Medicinal Plants Research* 17: 8-15.
- Sørensen M, Vecht KA, Montes EÓL, Simonsen S (2023) Yam beans (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. and *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb.-Fabaceae)-lowland South American and Meso-American cultivars and landraces with starch and protein market potential-their botany, agronomy, ethnobotany, and present uses. In: Cereda MP, Vilpoux OF (ed) *Varieties and Landraces*. Volume 2. Academic Press. Nueva York. pp. 135-178.
- Zhao J, Farid IM, Long, M, Elgizawy K, Ren Z, Cai W, Ma W, Hua H (2023) The repellent activities of plant ethanolic extracts and their derived compounds against three species of rice planthoppers and their potential side-effects on the main predator, *Cyrtorhinus lividipennis*. *Journal of Pest Science* 1-13. DOI: 10.1007/s10340-023-01675-9.

Wahengbam J, Devi SS, Raut AM, Banu AN (2023) Integrated pest management of underutilized vegetables. In: Savita RM, Vimal V (eds) Production technology of underutilized vegetable crops. Springer, Cham, Germany. pp: 339-359.