

# Eficacia de compuestos botánicos y convencionales para el control de mosca blanca, *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) en calabacita en el centro-sur de México

Efficacy of botanical and conventional compounds for the control of whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) in zucchini squash in central-southern Mexico

Elías Hernández-Castro<sup>1</sup> , Abraham Monteón-Ojeda<sup>1\*</sup> , Teolincacihuatl Romero-Rosales<sup>1</sup> ,  
Haidel Vargas-Madriz<sup>2</sup> , Jesús Alberto Acuña-Soto<sup>3</sup> , Ausencio Azuara-Domínguez<sup>4</sup> ,  
Martha Olivia Lázaro-Dzul<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Periférico Poniente S/N, 40040, Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Producción Agrícola, Universidad de Guadalajara, Av. Independencia Nacional 151, 48900, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec-Tecnológico Nacional de México, Carretera Federal Amozoc-Nautla Km. 122+600, 73907, Tlatlauquitepec, Puebla, México.

<sup>4</sup>Posgrado en Biología, Tecnológico de Ciudad Victoria-Tecnológico Nacional de México, Boulevard Emilio Portes Gil 1301, 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

\*Autor para correspondencia: abrahammonteon@uagro.mx

## RESUMEN

### Fecha de recepción:

3 de mayo de 2022

### Fecha de aceptación:

30 de septiembre de 2022

### Disponible en línea:

31 de marzo de 2023

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



### Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae), es una plaga de importancia en calabacita, ya que causa daños directos por alimentación e indirectos por transmisión de virus. El estudio —realizado en Morelos, México, en condiciones de campo abierto— tuvo como objetivo evaluar el efecto insecticida de formulaciones biorracionales y convencionales sobre mosca blanca en calabacita. Para ello, se estableció un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos (T1. Extracto de higuerrilla y ortiga, T2. Azadiractina, T3. Imidacloprid + lambda cihalotrina, T4. Bifentrina y T5. Control). Se llevaron a cabo dos evaluaciones de la eficacia biológica; en la primera, los tratamientos redujeron de 70 a 85 por ciento la infestación; en la segunda, azadiractina y bifentrina fueron similarmente efectivos con poco más de 91 por ciento de eficacia, mientras que el extracto de higuerrilla y ortiga alcanzó cerca de 85 por ciento. Ambos compuestos biorracionales comprobaron ser una buena opción para reducir la infestación por mosca blanca en el cultivo.

## PALABRAS CLAVE

Extracto botánico, insecticida, manejo ecológico, plaga.

## ABSTRACT

The whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae), is a plague of critical importance in zucchini squash, as it causes direct damage by feeding and indirect damage by virus transmission. The objective of the study was to evaluate the insecticidal effect of biorational and conventional formulations on whiteflies in zucchini. The study was conducted in Morelos, Mexico under open field conditions. A completely randomized experimental design was established with five treatments (T1. Castor and nettle extract, T2. Azadirachtin, T3. Imidacloprid + lambda cyhalothrin, T4. Liquid bifenthrin and T5. Control). Two biological efficacy evaluations were carried out. In the first evaluation, the treatments reduced the infestation from 70 to 85%. In the second evaluation, azadirachtin and bifenthrin were similarly effective with just over 91% efficacy, while castor and nettle extract reached about 85%. The two biorational compounds proved to be a good option to reduce whitefly infestation in crops.

## KEYWORDS

Botanical extract, ecological management, insecticide, pest.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en México representa uno de los más importantes, debido a la tradición culinaria y social que tiene en el país (Basurto-Peña 2015). Anualmente, se producen más de 560 mil toneladas de calabacita al año, con Sonora, Sinaloa, Puebla, Michoacán e Hidalgo como los principales estados productores; Morelos ocupa el octavo lugar con una producción anual de 17,500 t (SIAP 2021).

El complejo de mosca blanca [*Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae)] ataca más de 600 especies de plantas y es una plaga clave de la calabacita en campo e invernadero. Tanto ninfas como adultos generan daños directos mediante la alimentación (succión de savia de las plantas), pues usan su estilete para navegar a través de la cutícula, epidermis y el mesófilo hasta establecer sitios de alimentación en floema (Wang et al. 2017); aunado a lo anterior, las moscas blancas excretan mielecilla, que promueve el crecimiento de fumagina (*Capnodium* spp.) en las hojas y partes cosechables, lo que reduce la eficiencia fotosintética y calidad de los productos (Nyoike et al. 2008). Otro daño importante es el indirecto, mediante la transmisión de virus que causan enfermedades en las plantas (Wang et al. 2017). La mayoría de estos virus transmitidos por mosca blanca son *begomovirus* (familia Geminiviridae), aunque también son vectores de *crinivirus* (Closteroviridae), *ipomovirus* (Potyviridae), *torradovirus* (Secoviridae) y algunos *carlavirus* (Betaflexiviridae). La transmisión de virus por moscas blancas puede ser semipersistente y persistente; la primera requiere de minutos a horas para la adquisición del virus y tiene un tiempo de retención en el intestino anterior de horas a días; por el contrario, la segunda requiere horas para la adquisición, con un tiempo de retención en la hemolinfa de días a toda la vida del insecto (Navas-Castillo et al. 2011).

En México, el manejo convencional de mosca blanca se basa en la aplicación consecutiva y desmedida de insecticidas químicos sintéticos de actividad sistémica o contacto de amplio espectro; sin embargo, debido a su multivoltismo y al corto tiempo generacional, *B. tabaci* tiene un alto potencial para desarrollar y seleccionar poblaciones resistentes a dichos productos. La resistencia de *B. tabaci* ha sido reportada en múltiples tipos de insecticidas (Ellsworth y Martínez-Carrillo 2001; Li et al. 2000; Toscano et al. 2003). Se ha

reportado que la alternancia entre diferentes grupos químicos insecticidas pueda ayudar a disminuir el desarrollo de poblaciones resistentes. Ishaaya et al. (2003) utilizaron una colonia de *B. tabaci* muy resistente al piriproxifeno (de 1,200 a 2,000 veces) y generaron otra resistente a acetamiprid o tiametoxam (30 a 50 veces); posterior a esto observaron que aplicaciones consecutivas de novalurón (compuesto diferente) no generaron resistencia cruzada en las poblaciones, lo que corrobora la hipótesis de la rotación de moléculas y modos de acción como estrategia de manejo de resistencia.

Es conocido que diversas especies vegetales cuentan con metabolitos secundarios con propiedades insecticidas, incluso se cuenta con antecedentes de recetas caseras de dichas especies en el combate de plagas insectiles. En las últimas décadas, la investigación sobre las interacciones entre plantas e insectos ha revelado el uso potencial de metabolitos vegetales para este propósito (Kamaraj et al. 2010; López et al. 2008; Zoubiri y Baaliouamer 2014). Se han reportado excelentes resultados mediante el uso de compuestos naturales a base de extractos de múltiples especies vegetales, como *Piper aduncum* L. (Cordoncillo), *Toona* spp. (cedro rojo), *Capsicum* spp. (chile), *Petiveria alliacea* L. (carricillo silvestre), *Trichilia arborea* C.DC. (cedrillo), *Allium sativum* L. (ajo), *Azadirachta indica* A. Juss. (neem), *Ricinus communis* L. (higuerilla) y *Urtica* spp. (ortiga) para el combate de mosca blanca en múltiples cultivos (Baldin et al. 2015; Cruz-Estrada et al. 2013; Jiménez-Martínez y Balladares-Balladares 2019; Muñiz-Reyes et al. 2016). En esta investigación, se planteó el objetivo de evaluar los efectos insecticidas de diferentes extractos vegetales sobre plantas de calabacita con infestación de *B. tabaci*, además de comparar sus eficacias contra insecticidas químicos de amplio espectro de uso convencional en la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del área de estudio.** El estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2021, en el Ejido Cacahuatlán, en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México (18° 54' 50.2" N, 99° 001' 07.8" O, 1377 msnm). La región cuenta con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura promedio anual de

24 °C y una precipitación anual aproximada de 868 mm (SMN 2010). Las variables de temperatura y humedad relativa se registraron durante todo el experimento mediante un medidor electrónico de temperatura y humedad relativa marca HOBO® modelo U12 (ONSET, Bourne, Estados Unidos) y oscilaron entre 24±3°C y 70±15% de temperatura y humedad relativa (HR), respectivamente, la velocidad del viento promedio en la zona no rebasa los 8 km/h.

**Establecimiento del ensayo.** Se estableció a campo abierto en una parcela comercial de calabaza (*C. pepo* L.) cv. Adelita en etapa de floración-fructificación con presencia de ataque de *B. tabaci*. Para la identificación de la plaga en estudio se utilizó la “Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero” (Téllez et al. 2010) y la “Guía para identificar las especies de mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae) consignadas para México” (Meji et al. 1994). Además, especímenes inmaduros y adultos fueron procesados y montados en portaobjetos según la metodología de Martin (1987); las preparaciones se revisaron en un microscopio compuesto Olympus® modelo CX33 (Evident, Waltham, Estados Unidos) a 40 y 100 aumentos, y se utilizaron las características presentadas en Carapia-Ruiz y Castillo-Gutiérrez

(2013) para la determinación específica. Las plantas se establecieron en hileras de un metro de ancho con una distancia entre plantas de 40 cm. Previo al trasplante, en cada hilera se instaló un acolchado gris y cintilla de goteo calibre 8,000 ajustada a un gasto aproximado de 1.5 L\*h<sup>-1</sup>.

**Diseño experimental.** La parcela experimental se localiza en un terreno plano, rastreado y surcado, con acolchado plástico y sistema de riego por goteo; todas las prácticas agronómicas como riego, aplicaciones de fertilizantes, etc., se mantuvieron uniformes durante la totalidad del experimento en todas las unidades experimentales, para propiciar condiciones homogéneas en la zona donde se realizó el experimento. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, lo que originó un total de 20 unidades experimentales (UE). La unidad experimental estuvo constituida por tres surcos (de calle a calle) de 1.5 m de ancho x 5 m de largo dando un tamaño de parcela útil de 30 m<sup>2</sup> por UE, 120 m<sup>2</sup> por tratamiento y un total de 600 m<sup>2</sup> en todo el experimento. Se dejaron 3 surcos sin aplicar (barrera) entre unidades experimentales para mitigar el efecto de deriva entre los tratamientos. Se calculó un promedio de 35 plantas por UE. Para aleatorizar los diferentes tratamientos en

**Cuadro 1. Promedio de individuos (ninfas y adultos) y porcentaje de eficacia de extractos de neem, extractos de higuerilla + ortiga, y de formulaciones comerciales de Imidacloprid + lambda cihalotrina y Bifentrina contra mosca blanca (*B. tabaci*) en el cultivo de calabacita (*C. pepo*) cv. Adelita durante tres fechas de evaluación. Tlayacapan, Morelos, México, 2021.**

Tratamientos†	Individuos vivos en la evaluación previa	Individuos vivos en la primera evaluación	Porcentaje de eficacia en la primera evaluación (%)	Individuos vivos en la segunda evaluación	Porcentaje de eficacia en la segunda evaluación (%)
T1. Extracto de higuerilla ( <i>Ricinus communis</i> ) y ortiga ( <i>Urtica dioica</i> )	66.93 a*	20.48 b	69.5 c	10.35 b	84.7 b
T2. Extracto de neem ( <i>Azadiractina</i> )	67.75 a	14.60 c	78.2 b	6.03 c	91.1 a
T3. Imidacloprid + Lambda cihalotrina	66.55 a	10.68 d	84.1 a	3.78 d	94.4 a
T4. Bifentrina	68.18 a	15.40 c	77.1 b	5.88 c	91.3 a
T5. testigo absoluto	68.38 a	67.10 a	0.0 d	67.63 a	0.0 c
PR>F‡	0.6223	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Prueba de Levene§	0.3052	0.1533	0.0522	0.1009	0.4060

†T1: Extracto de higuerilla y ortiga, 80% (higuerilla) + 20% (ortiga) a una dosis de 1,25 L/ha; T2. Azadiractina, 4,5% a una dosis de 700 mL/ha; T3. Imidacloprid + lambda cihalotrina, 4,5% a una dosis de 700 mL/ha; T4. Bifentrina, 12,15% a una dosis de 400 mL/ha; T5. Testigo (agua potable de garrafón). \*Medias con diferentes letras en una misma columna difieren estadísticamente según la Prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ‡Valor de PR>F del análisis de varianza. §Valor de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas.

las UE, se utilizó el procedimiento “design.ab” en el programa estadístico R para Windows®.

**Muestreo previo.** Para determinar la fluctuación poblacional de mosca blanca se realizaron muestreos semanales en dos hojas de 10 plantas por unidad experimental; cuando se detectaron poblaciones por encima de los umbrales de acción (10 a 20 ninfas/adultos por hoja), se llevó a cabo una evaluación previa (EP), en donde se calculó el porcentaje de infestación inicial de la plaga en las UE, posterior a ésta, se efectuaron las aplicaciones de tratamientos (Espinel et al. 2008).

**Aplicación de tratamientos.** Las aspersiones foliares se realizaron por la mañana de 7:30 a 8:30 am en condiciones frescas (15-18 °C) y velocidad del viento de 0 a 3 km/h; se utilizó una mochila aspersora motorizada de gasolina con un desplazamiento de 25 cm<sup>3</sup> (cc), marca Honda® de 20 L de capacidad, con una lanceta con boquilla doble de cono lleno, previamente calibrada a una presión constante de 1,700 a 2,000 kPa y un gasto de agua de 350 L/ha. Las dosis aplicadas se seleccionaron con base en recomendaciones de formulaciones comerciales y literatura especializada (Matsumura 2012; Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez 2009; Weinzierl 2000). Se tuvo cuidado de que la cobertura de las aplicaciones de las soluciones insecticidas se realizará en el haz y envés (principalmente) de las hojas, debido al comportamiento de la plaga y el modo de acción de los agentes químicos. Se efectuaron dos aplicaciones de tratamientos, con un intervalo de diez días entre éstas; posteriormente, se evaluó la eficacia a los 10 y 20 días después de la primera aplicación.

**Elaboración de los extractos.** Se colectó material vegetal de plantas de neem (semillas), higuerilla (frutos y semillas) y ortiga (follaje, frutos y semillas) de zonas silvestres aledañas a la localidad de Tuxpan, Iguala, Guerrero, México. El material vegetal se lavó con una solución detergente y se enjuagó tres veces con agua destilada; se colocó en charolas de aluminio; se pesó y se secó en una estufa con aire forzado (Imperial V® Cole & Palmer, Dubuque, Iowa, Estados Unidos) por 72 h a 70 ± 5 °C hasta peso constante. Las muestras secas se pesaron y molieron en un mortero. Para realizar los extractos, se utilizó una muestra de 20 g por tratamiento; se utilizó etanol (200 mL) para macerar el tejido a temperatura ambiente; la maceración se realizó tres veces con un intervalo de 24 h hasta la obtención de una consistencia líquida homo-

génea. Los extractos se filtraron con papel filtro, y cada uno se sometió a un proceso de evaporación inducida con la ayuda de un evaporador rotatorio a 40 °C; los extractos conseguidos se diluyeron con agua destilada hasta la obtención de las concentraciones deseadas, y se almacenaron a 4°C.

**Tratamientos evaluados.** Se establecieron los siguientes tratamientos: T1. Extracto de higuerilla y ortiga, 80 por ciento (higuerilla) + 20 por ciento (ortiga) / 800 + 200 mL de i.a. por L en suspensión concentrada (SC) a una dosis de 1.25 L/ha; T2. Extracto de neem (azadiractina), 4.5 por ciento / 47.61 g de i.a. por L formulado en un concentrado emulsionable (CE), a una dosis de 700 mL por hectárea; T3. Imidacloprid + lambda cihalotrina, 4.5 por ciento / 47.61 g de i.a. por L, también en un concentrado emulsionable (CE) a dosis de 700 mL/ha; T4. Bifentrina, 12.15 por ciento / 109.6 g de i.a. por L formulado en un concentrado emulsionable (CE) a una dosis de 400 mL/ha, estos últimos tratamientos son de origen sintético, comerciales y fueron utilizados como testigos regionales en el experimento; finalmente, el T5. Testigo o control, en donde se aplicó agua potable.

**Variables evaluadas.** Se evaluó la cantidad de individuos vivos sobre el cultivo (infestación) después de la aplicación de los tratamientos; ésta se realizó temprano, de 7:00 a 8:00 am. De cada unidad experimental (30 m<sup>2</sup>) se revisaron 10 plantas (muestreo en Z), y de cada planta, el envés de dos hojas de manera aleatoria (12.56 cm<sup>2</sup> por hoja), con la ayuda de un círculo de plástico de 4 cm de diámetro (unidad de muestreo), para contabilizar el número de individuos (ninfas y adultos). Las observaciones se llevaron a cabo en el estrato medio de la planta. Lo anterior dio un tamaño de muestra de 20 hojas por unidad experimental y un total de muestra de 80 hojas por tratamiento. Obtenida la densidad de individuos vivos (ninfas y adultos) por unidad experimental, se obtuvo la eficacia de cada tratamiento, la cual se calculó mediante la fórmula: porcentaje de eficacia =  $(IT - it) / IT * 100$  (Abbott 1925), donde IT= es la densidad de individuos vivos en el testigo e it= es la densidad de individuos vivos en el tratamiento. Adicional a lo anterior, se evaluaron los posibles efectos fitotóxicos de cualquiera de los tratamientos sobre las plantas de calabacita, para lo cual se utilizó la escala de nueve clases de la EWRS (European Weed Research Society). Durante el desarrollo del

estudio, el cultivo se manejó de forma comercial y no se utilizaron insumos adicionales que pudieran interferir con la evaluación de la eficacia de los tratamientos.

**Análisis estadístico.** Con los datos de supervivencia y eficacia por unidad experimental, se corrieron pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene), la prueba de Shapiro-Wilk para la distribución normal, y el supuesto de independencia se aseguró mediante la aleatorización de tratamientos en las UE; se efectuó un análisis de varianza (ANAVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con la ayuda del programa SAS v 9.3 (SAS Institute Inc. 2008) para Windows; se llevó a cabo un ANAVA por cada evaluación (previa, primera y segunda).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Identificación de ejemplares.** Los ejemplares de mosca blanca encontrados (formas inmaduras y adultos) fueron identificados como *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Las características para confirmar la especie fueron: huevos color marrón dorado con ápice no doblado, línula aguda sin lóbulos en ninfas de primer, segundo y tercer instar, ninfa de cuarto instar y pupa en forma semitriangular, orificio vasiforme triangular y setas dorsales presentes, surco caudal y pliegues traqueales torácicos y caudales presentes bien definidos; adultos con ojos compuestos superior e inferior unidos por una omatidia, cono sensorial del tercer segmento antenal claramente ubicado antes y en línea con las sensilas primarias, tibias mesotorácicas sin cepillos de 3 a 5 espinas y metatorácicas sin un cepillo de 4 a 5 espinas opuesto a la parte final del peine de espinas (Carapia-Ruiz y Castillo-Gutiérrez 2013).

**Evaluación previa.** La prueba de comparación de medias no encontró diferencias significativas en las unidades experimentales ( $p \leq 0.05$ ) en la evaluación previa; el promedio de moscas blancas por unidad de muestreo fue de 67.5 individuos (ninfas y adultos), infestación que supera por mucho los umbrales de acción establecidos para la plaga en cultivos similares como melón, en donde se menciona que entre 10 y 20 adultos por hoja ejercen una reducción en los procesos fotosintéticos de las plantas, lo que causa pérdidas sustanciales en el cultivo (Espinel et al. 2008; Yee et al. 1996) (Cuadro 1).

**Primera y segunda evaluación.** Diez días después de la primera aplicación de tratamientos se realizó la primera evaluación de los mismos; los datos registrados y el análisis estadístico mostraron una reducción sustancial de la plaga en las unidades experimentales bajo aplicaciones de control (Cuadro 1). Los niveles de infestación en el testigo fueron tan altos como en la evaluación previa (un promedio de 67 individuos por unidad de muestreo); por otro lado, los tratamientos redujeron de 70 a 85 por ciento la infestación de mosca blanca en el cultivo. El análisis de varianza identificó diferencias significativas entre tratamientos; el mejor de ellos fue el T3 (imidacloprid + lambda cihalotrina), con 84 por ciento de eficacia, seguido de los tratamientos T2 (azadiractina) y T4 (bifentrina), con 78 y 77 por ciento, respectivamente; finalmente el T1 (extracto de higuera y ortiga) obtuvo cerca de 70 por ciento de eficacia de control. Es importante mencionar que sólo una aplicación de los tratamientos de origen natural logró reducir de 70 a cerca de 80 por ciento de la infestación, lo que representa un excelente resultado, considerando el origen de dichos compuestos (Cuadro 1).

Existe evidencia que demuestra los efectos antialimentarios y fisiológicos del neem (azadiractina) sobre los insectos (Mordue 2004); entre los efectos más destacados se encuentran la antialimentación primaria y secundaria, fenómeno que está correlacionado con la respuesta sensorial de los quimiorreceptores en las piezas bucales de los insectos, al bloquear la activación de las células receptoras de "azúcar", lo que da como resultado una inhibición de la alimentación (primaria) o una reducción (secundaria) en la ingestión de alimento (Mordue 2004). Los efectos de la azadiractina sobre el crecimiento y la muda tienen que ver con interrupciones en las interacciones entre la hormona de la muda (20-OH ecdisona) y la hormona juvenil (JH), que generan un crecimiento reducido, aumento de la mortalidad, mudas anormales y retrasadas (Mordue 2004); así también, la azadiractina causa efectos profundos en los procesos reproductivos, al provocar degeneración de órganos reproductivos debido a la alteración de los niveles de JH y la producción ovárica de ecdisteroides (Mordue 2004); se destaca el efecto de este compuesto sobre las líneas celulares de los insectos, pues causa citotoxicidad, lo que desencadena muerte celular y bloqueo de la mitosis. Por último, este compuesto inhibe directamente la síntesis de proteínas en diversos tejidos

donde se producen enzimas: por ejemplo, tripsina es una enzima de desintoxicación en insectos resistentes a los insecticidas (Mordue 2004). Por otro lado, se ha documentado la presencia en altas concentraciones de múltiples flavonoides en higuera, cuya actividad insecticida es principalmente el resultado de la inhibición de vías enzimáticas vitales, como las acciones de las oxidasas dependientes del citocromo-P450, en el que los flavonoides bloquean específicamente las enzimas esteroides hidroxilasa involucradas en la regulación del proceso de muda; la quercetina (flavonoide principal en el extracto de higuera) puede activarse metabólicamente para generar radicales libres en los insectos, lo que puede resultar en toxicidad celular o dar lugar a especies reactivas de oxígeno más tóxicas; se ha documentado que estos flavonoides tienen excelentes actividades insecticidas, ovicidas y disuasorias de la oviposición (Upasani et al. 2003). De forma similar, se han aislado varios componentes químicos con propiedades antimicrobiales, antifúngicas e insecticidas, como flavonoides, taninos y esteroides de diferentes partes de la planta de ortiga (*Urtica* sp.) (Carvalho et al. 2017); entre estos compuestos destaca la rutina y la quercetina (flavonoides) (Pinelli et al. 2008). Estas características podrían explicar los niveles de eficacia de los compuestos de origen natural desde la primera aplicación.

La segunda evaluación se realizó 20 días después de la primera aplicación de tratamientos; pudo observarse un control notable en todas las UE, lo que evidencia una reducción sustancial de la infestación (Cuadro 1). Cabe destacar que en algunos tratamientos —entre ellos el extracto de neem (azadiractina)— la rapidez del efecto letal en los individuos fue tal que, al final de la aplicación, podían observarse los restos de los ejemplares en el acolchado, lo que indica un excelente efecto de derribe resultado del efecto tóxico en los insectos; esto ha sido documentado anteriormente, por ejemplo, Cruz-Herrera et al (2018) encontraron que aplicaciones con extractos de neem (Azadiractina) causaron un efecto derribe significativo en ninfas y adultos de *B. tabaci* infestando plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), con más de 80 por ciento de eficacia de control con una sola aplicación.

El análisis estadístico evidenció una reducción de 85 a 95 por ciento de la población de insectos (eficacia) en las UE bajo los tratamientos evaluados.

El análisis de varianzas y la comparación de medias pudo corroborar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; el T3 (imidacloprid + lambda cihalotrina) fue el mejor, con cerca de 95 por ciento de eficacia biológica; T2 (azadiractina) y T4 (bifentrina) fueron similarmente efectivos, con poco más de 91 por ciento de eficacia. Aunque el T1 (extracto de higuera y ortiga) fue el tratamiento con la eficacia biológica más baja, alcanzó cerca de 85 por ciento, y considerando su origen y las bondades del uso de este tipo de moléculas, resultó ser una excelente opción de control biorracional de plagas (Cuadro 1).

Cabe destacar que durante el desarrollo de las evaluaciones no se detectaron efectos fitotóxicos de ninguno de los insecticidas, esto es un punto más a su favor para recomendar el uso de productos de origen natural que contribuyen al cuidado del ambiente y manejo de resistencia en poblaciones plaga.

El uso frecuente de insecticidas químicos sintéticos puede provocar el desarrollo de resistencias en las poblaciones objetivo, así como alteraciones del ecosistema, riesgo para poblaciones de biocontroladores y a la inocuidad alimentaria (Khaliq et al. 2014); la evaluación y utilización de alternativas de manejo de plagas con características de bajo impacto ambiental como extractos botánicos, agentes de control biológico, aceites de origen natural, elementos esenciales (silicio, azufre, etc.), entre otros, puede ayudar a resolver este problema.

Similar a lo aquí encontrado, múltiples estudios han reportado buenos resultados de diversos compuestos botánicos que presentan metabolitos secundarios con actividad biológica en el combate de plagas y enfermedades en varios cultivos; por ejemplo, Arboleda et al. (2012) evaluaron el efecto de extractos cetónicos de higuera (*Ricinus communis* L.) sobre el nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb.] Thorne) en condiciones *in vitro*; encontraron que los extractos cetónicos de frutos, raíces y hojas de higuera a una concentración de 100 por ciento presentaron efecto nematocida entre 73 y 89 por ciento. Del mismo modo y análogo a nuestros resultados, Guevara et al. (2015) evaluaron concentraciones de 30, 20 y 10 por ciento (v/v) de extractos vegetales de hojas de lantana (*Lantana camara* L.) y de hojas jóvenes y maduras de higuera sobre la mortalidad del segundo estadio ninfal de mosca blanca a las 24, 48, 72, 96 y 120 h después

de la exposición; sus resultados indican que el extracto de hojas jóvenes de higuera a concentraciones de 10 y 15 por ciento a las 120 h presentaron mortalidades de 82.4 y 79.8 por ciento, respectivamente, mientras que para el extracto de hojas de lantana en concentración de 15 por ciento la mortalidad fue de 61.9 por ciento. Por otro lado, Muñiz-Reyes et al. (2016) realizaron una investigación para evaluar el efecto en la mortalidad, repelencia y oviposición de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Aleyrodidae) de cuatro productos comerciales formulados a base de Neem (*Azadiractina indica*); reportaron que la mortalidad más alta se encontró con Neem Oil Spray® y PHC Neem®, a una concentración de 0.6 mg mL<sup>-1</sup>; el efecto repelente para Neem Oil Spray® fue de 82.6 por ciento, y de 72.3 por ciento para PHC Neem®; la inhibición de oviposición fue de 99.6 por ciento utilizando Neem Oil Spray®. Adicionalmente, concluyeron que la concentración de aceite en la formulación es determinante en el efecto insecticida y que, a mayor proporción, la formulación se hace más persistente. De forma similar, en un estudio efectuado en plantas de tomate, Baldin et al. (2015) evaluaron la actividad insecticida sobre ninfas, adultos y huevecillos de *B. tabaci* biotipo B mediante la aplicación de extractos acuosos de 13 especies botánicas; observaron que el extracto de hoja de *Toona ciliata* tuvo el efecto de inhibición de oviposición más alto; además, *T. pallida* condujo a la reducción más drástica en el número de adultos y ninfas en folíolos de tomate (72.8 y 67.9%, respectivamente); se observó que el extracto de hoja de *Piper aduncum* produjo el mayor efecto ovicida observado (78% de ninfas no eclosionadas), por lo que concluyeron que la aplicación de extractos de *T. pallida*, *T. ciliata* y *T. casaretti* es una estrategia prometedora para manejar el biotipo B de *B. tabaci* en tomate. Estos resultados contribuyen a promover la incorporación de alternativas químicas no sintéticas de manejo de plagas de importancia agrícola eficaces, inocuas y ambientalmente sustentables.

## CONCLUSIONES

Todos los tratamientos evaluados tuvieron un efecto negativo significativo sobre las poblaciones de mosca blanca en calabacita en condiciones de campo; las diferencias en el nivel de respuesta dependieron del tipo

de tratamiento (químico sintético o extracto natural). Se destacan los resultados obtenidos por el extracto de neem (azadiractina) y el extracto de higuera + ortiga, (tratamientos de origen natural), los cuales con sólo dos aplicaciones presentaron eficacias de control mayores a 85 por ciento; la eficacia registrada por este tipo de compuestos fue superior a la requerida por la NOM-032-SAG/FITO-2014 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal de México, la cual indica que, para el caso de extractos vegetales, las eficacias aceptables son de 50 por ciento o más. Nuestros resultados respaldan la recomendación de incorporar extractos botánicos de azadiractina e higuera + ortiga en un sistema de manejo integrado de plagas en el cultivo de calabacita, que podría reemplazar o reducir el número de aplicaciones de insecticidas químicos sintéticos en el cultivo. Esta estrategia ecológica podría retrasar el desarrollo de resistencia, reducir el efecto sobre enemigos naturales y minimizar el riesgo de daños a la salud humana.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local de la Universidad Autónoma de Guerrero por las condiciones de infraestructura y logística prestadas para la realización del presente estudio. Los recursos financieros para la ejecución del presente fueron de los autores del mismo. Se agradece a Tomás Jiménez por el apoyo con la parcela para la realización de la presente investigación.

## LITERATURA CITADA

- Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Arboleda FDJ, Guzmán ÓA, Mejía LF. 2012. Efecto de extractos cetónicos de higuera (*Ricinus communis* Linneo.) sobre el nematodo barrenador [*Radopholus similis* (Cobb.) Thorne] en condiciones *in vitro*. *Luna Azul* 35: 28-47. <https://doi.org/10.17151/luaz.2012.35.3>
- Baldin EL, Fanela TL, Pannuti LE, Kato MJ, Takeara R, Crotti AE. 2015. Botanical extracts: Alternative control for silverleaf whitefly management in tomato *Extractos*

- botánicos: Controle alternativo para o manejo de mosca-branca em tomateiro. Horticultura Brasileira 33: 59-65. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620150000100010>
- Basurto-Peña F. 2015. Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en valles centrales de Oaxaca, México. Agro Productividad 8: 47-53.
- Carapia-Ruiz VE, Castillo-Gutiérrez A. 2013. Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Acta Zoológica Mexicana 29: 178-193. <https://doi.org/10.21829/azm.2013.291394>
- Carvalho AR, Costa G, Figueirinha A, Liberal J, Prior JA, Lopes MC, Batista MT. 2017. *Urtica* spp.: Phenolic composition, safety, antioxidant and anti-inflammatory activities. Food Research International 99: 485-494. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.008>
- Cruz Herrera A. 2018. Extractos de neem (*Azadirachta indica* a. Juss.) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* genn.) en el cultivo de tomate. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Cruz-Estrada A, Gamboa-Angulo M, Borges-Argáez R, Ruiz-Sánchez E. 2013. Insecticidal effects of plant extracts on immature whitefly *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyroideae). Electronic Journal of Biotechnology 16: 6. <https://doi.org/10.2225/vol16-issue1-fulltext-6>
- Cruz-Herrera A, Olivares-Sáenz E, Vásquez-Alvarado R, Aranda Ruíz J, Niño-Medina G, Leos-Martínez J, Ail-Catzim C. 2017. Efecto insecticida de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). XLVI Ciclo de Seminarios de Posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León. General Escobedo, México.
- Ellsworth PC, Martinez-Carrillo JL. 2001. IPM for *Bemisia tabaci*: A case study from North America. Crop Protection 20: 853-869. [https://doi.org/10.1016/s0261-2194\(01\)00116-8](https://doi.org/10.1016/s0261-2194(01)00116-8)
- Espinel C, Lozano MD, Villamizar L, Grijalba E. 2008. IPM strategy for the control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on melon and tomato. Revista Colombiana de Entomología 34: 163-168.
- [EWRS] European Weed Research Society. <https://www.ewrs.org/en/>
- Guevara L, Andrio E, Cervantes F, Rodríguez D, Robles R, Mondragón W, Pérez D. 2015. Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuera (*Ricinius communis* L) y lantana (*Lantana camara* L) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate. ECORFAN 2: 428-434.
- Ishaaya I, Kontsedalov S, Horowitz AR. 2003. Novaluron (Rimon), a novel IGR: Potency and cross-resistance. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 54: 157-164. <https://doi.org/10.1002/arch.10113>
- Jiménez-Martínez E, Balladares-Balladares J. 2019. Aplicaciones alternas de insecticidas químicos y botánicos para el manejo de mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius) y Geminivirus en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Tisma, Nicaragua. La Calera 19: 33-40. <https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8438>
- Kamaraj C, Rahuman AA, Mahapatra A, Bagavan A, Elango G. 2010. Insecticidal and larvicidal activities of medicinal plant extracts against mosquitoes. Parasitology Research 107: 1337-1349. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2006-8>
- Khaliq A, Khan AA, Afzal M, Tahir HM, Raza AM, Khan AM. 2014. Field evaluation of selected botanicals and commercial synthetic insecticides against *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) populations and predators in onion field plots. Crop Protection 62: 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.03.019>
- Lagunes Tejada A, Villanueva Jiménez JA. 2009. Toxicología y manejo de insecticidas.
- Li Y, Dennehy TJ, Li X, Wigert ME. 2000. Susceptibility of Arizona whiteflies to chloronicotinyl insecticides and IRGs: New developments in the 1999 season. Proceedings of the 2000 Belt-wide Cotton Conferences, Memphis, Estados Unidos.
- López MD, Jordán MJ, Pascual-Villalobos MJ. 2008. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. Journal of Stored Products Research 44: 273-278. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.02.005>
- Martin JH. 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). International Journal of Pest Management 33: 298-322. <https://doi.org/10.1080/09670878709371174>
- Matsumura F. 2012. Toxicology of Insecticides. Springer Science & Business Media.
- Meji GLA, Rosales SA, Nápoles JR. 1994. Guía para identificar las especies de mosca blanca (Homoptera: Aleyrodidae) consignadas para México. XXIX Congreso Nacional de Entomología y Asamblea anual de la Southwestern Branch-ESA. Nuevo Leon, México.
- Mordue AJ. 2004. Present concepts of the mode of action of azadirachtin from neem. En: Opende K, Seema W, editores. Neem: Today and in the New Millennium.

- Department of Zoology, University of Aberdeen, Reino Unido. P. 229-242.
- Muñiz-Reyes E, Ramos CA, Rodríguez-Hernández C, Ortega-Arenas LD. 2017. Actividad biológica de nim en adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) West. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7: 1283-1295. <https://doi.org/10.29312/remex-ca.v7i6.177>
- Navas-Castillo J, Fiallo-Olivé E, Sánchez-Campos S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annual Review of Phytopathology 49: 219-248. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095235>
- Nyoike TW, Liburd OE, Webb SE. 2008. Suppression of whiteflies, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and incidence of *Cucurbit Leaf Crumple Virus*, a whitefly-transmitted virus of Zucchini squash new to Florida, with mulches and Imidacloprid. Florida Entomologist 91: 460-465. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2008\)91\[460:sowbth\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2008)91[460:sowbth]2.0.co;2)
- Pinelli P, Ieri F, Vignolini P, Bacci L, Baronti S, Romani A. 2008. Extraction and HPLC analysis of phenolic compounds in leaves, stalks, and textile fibers of *Urtica dioica* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 9127-9132. <https://doi.org/10.1021/jf801552d>
- SAS System. 2008. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2021. Cierre de la producción agrícola 2021. [citado 2022 sept 29]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- [SMN] Sistema Meteorológico Nacional. 2010. [citado 2022 oct 08]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mor>
- Téllez M, Cano M, Cabello T, Tapia G, Lara L. 2010. Guía ilustrada de plagas y enemigos naturales en cultivos hortícolas en invernadero. Nueva edición actualizada. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvtrr>
- Toscano N, Prabhaker N, Byrne FJ, Castle SJ. 2003. Chemical control of glassy-winged sharpshooter: Establishment of baseline toxicity and development of monitoring techniques for detection of early resistance to insecticides. En: Symposium Proceedings. [https://static.cdfa.ca.gov/PiercesDisease/proceedings/2001/2001\\_129-130.pdf](https://static.cdfa.ca.gov/PiercesDisease/proceedings/2001/2001_129-130.pdf)
- Upasani SM, Kotkar HM, Mendki PS, Maheshwari VL. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Management Science 59: 1349-1354. <https://doi.org/10.1002/ps.767>
- Wang X-W, Li P, Liu S-S. 2017. Whitefly interactions with plants. Current Opinion in Insect Science 19: 70-75. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.02.001>
- Weinzierl RA. 2000. Botanical insecticides, soaps, and oils. En: Rechigl JE, Rechigl NA, editores. Biological and Biotechnological Control of Insect Pests. Boca Raton, CRC Press. P. 101-121.
- Yee WL, Toscano NC, Chu C-C, Henneberry TJ, Nichols RL. 1996. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) action thresholds and cotton photosynthesis. Environmental Entomology 25: 1267-1273. <https://doi.org/10.1093/ee/25.6.1267>
- Zoubiri S, Baaliouamer A. 2014. Potentiality of plants as source of insecticide principles. Journal of Saudi Chemical Society 18: 925-938. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.11.015>