
Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Efecto repelente del extracto etanólico de balché (*Lonchocarpus oliganthus*) y neem (*Azadirachta indica*) en *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) en ensayos de invernadero

Repellent effect of ethanol extracts of balche (*Lonchocarpus oliganthus*) and neem (*Azadirachta indica*) on *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) in greenhouse assays

Authors/Autores: Magaña-Ortíz, D., Pérez-Cuá, D., Fuentes-Bolívar, A., Cervantes-Basto, C., Lizama-Uc, G., Rincón-Arriaga, S., Tum-Rodríguez, S., Martínez-Contreras, J., Ruiz-Sánchez, E.

ID: e2032

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2032>

Received/Fecha de recepción: July 29th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: December 09th 2025

Available online/Fecha de publicación: January 09th 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Magaña-Ortíz, D., Pérez-Cuá, D., Fuentes-Bolívar, A., Cervantes-Basto, C., Lizama-Uc, G., Rincón-Arriaga, S., Tum-Rodríguez, S., Martínez-Contreras, J., Ruiz-Sánchez, E. (2025). Repellent effect of ethanol extracts of balche (*Lonchocarpus oliganthus*) and neem (*Azadirachta indica*) on *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) in greenhouse assays. *Revista Bio Ciencias*, 13, e2032. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e2032>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

Efecto repelente del extracto etanólico de balché (*Lonchocarpus oliganthus*) y neem (*Azadirachta indica*) en *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) en ensayos de invernadero

Repellent effect of ethanol extracts of balche (*Lonchocarpus oliganthus*) and neem (*Azadirachta indica*) on *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) in greenhouse assays

Control de *Bemisia tabaci* con el género *Lonchocarpus*/
Lonchocarpus control of *Bemisia tabaci*

Magaña-Ortíz, D.^{1*} (ID), Pérez-Cuá, D.¹ (ID), Fuentes-Bolívar, A.¹ (ID), Cervantes-Basto, C.¹ (ID), Lizama-Uc, G.¹ (ID), Rincón-Arriaga, S.¹ (ID), Tum-Rodríguez, S.¹ (ID), Martínez-Contreras, J.¹ (ID), Ruiz-Sánchez, E.^{2*} (ID)

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México Campus Mérida. Av. Tecnológico S/N Km. 4.5 C.P. 97118, Mérida, Yucatán, México

²Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Avenida Tecnológico, 97345 Conkal, Yucatán, México

*Corresponding Author:

Denis Magaña-Ortíz, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México Campus Mérida, Av. Tecnológico Km. 4.5 S/N, C.P. 97118, Mérida, Yucatán, México. Email: denis.mo@merida.tecnm.mx. Esaú Ruiz-Sánchez, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México—Instituto Tecnológico de Conkal, Conkal C. P. 97345 Yucatán, México Email: esaú.rs@conkal.tecnm.mx

RESUMEN

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius, 1889, Hemiptera: Aleyrodidae) es uno de los insectos plaga con mayor impacto a nivel global en cultivos agrícolas. La aparición de poblaciones de *B. tabaci* resistentes a insecticidas requiere el desarrollo de nuevas alternativas con menor impacto ambiental. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los extractos etanólicos del balché (*Lonchocarpus oliganthus*) y neem (*Azadirachta indica*), de manera individual y combinados, en la repelencia de adultos y disuasión de la oviposición de *B. tabaci*. Se obtuvo la fracción polar de los extractos de hojas de ambas especies con extracción etanólica. Después de la evaporación del solvente, los extractos de *A. indica* y *L. oliganthus* se disolvieron en agua y se aplicaron a plantas de chile habanero mediante inmersión usando concentraciones de 0.125 % p/v y 0.25 % p/v. Las plantas posteriormente fueron infestadas con *B. tabaci*. Se midieron dos parámetros: índice de repelencia de adultos (RI) y disuasión de la oviposición (ODI). Se observó que el extracto etanólico de *L. oliganthus* causó alta disuasión de la oviposición a las 48 horas (ODI=-81.576), incluso su efecto permaneció por 7 días, disminuyendo la población de huevos en un 50%. Se observó alta disuasión de la ovoposición por efecto de los extractos *A. indica* al 0.125 % (p/v) con un valor ODI de -98.14. El uso de extracto etanólico de *L. oliganthus* representa una opción viable en la prospección de derivados botánicos para el manejo de *B. tabaci*.

PALABRAS CLAVE:

Repelencia de insectos, plaga agrícola, control de plagas, *Capsicum chinense*, insecticida botánico.

ABSTRACT

The whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) (Gennadius, 1889) is one of the most devastating pests in crop production worldwide. The development of insecticide resistance population of *B. tabaci* requieres new alternatives with low environmental impact. The objective of this work was to evaluate the effect of ethanol leaves extracts of balché (*Lonchocarpus oliganthus*) and neem (*Azadirachta indica*), single or in combination, on adult repellency and oviposition deterrence on *B. tabaci*. A polar fraction of extracts was obtained using ethanol as solvent. After evaporation, the extracts of *A. indica* and *L. oliganthus* were dissolved in water and applied by immersion using concentrations of 0.125 % w/v y 0.25 % w/v to Habanero pepper plants. The plants were infested by *B. tabaci* afterwards. The parameters of adult repellency index (RI) and oviposition deterrence index (ODI) were established. The extracts of *L. oliganthus* caused high oviposition deterrence index at 48 h (ODI=-81.576). Furthermore, its effect was also observed after 7 days of extract application, which caused a decrease by 50 % in the population density of eggs. In the case of the use of *A. indica* extracts (0.125 % w/v) a higher value of ODI was observed (ODI=-98.14). The use of ethanol extract of *L. oliganthus* represents a feasible option in the prospection of botanical derivatives for *B. tabaci* management.

KEY WORDS

Insect repellency, agricultural pest, pest control, *Capsicum chinense*, botanical insecticide

Introducción

Bemisia tabaci (Gennadius, 1889), comúnmente llamada mosquita blanca, es una especie ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Este insecto ocasiona daños a los cultivos durante la colonización al alimentarse del floema vegetal y transmitir begomovirus que provocan marchitez y amarillamiento (Esquivel-Chí *et al.*, 2024). De manera indirecta la excreción de sustancias azucaradas en la superficie de la planta afectada por *B. tabaci* provoca la aparición de hongos fitopatógenos (Hameed *et al.*, 2023). Desde hace más de tres décadas ha sido considerada en México como una plaga importante de cultivos indispensables en la alimentación de la población, entre los productos agroalimentarios más afectados se encuentra el chile habanero (*Capsicum chinense*), lo que se refleja en importantes pérdidas económicas para el país. Las pérdidas en producción pueden ser del 100% en algunas variedades de alto valor comercial (Carnero-Áviles *et al.*, 2024).

Actualmente el control de *B. tabaci* es mediante la aplicación intensiva de insecticidas sintéticos, lo cual impacta negativamente a los ecosistemas, al ser compuestos persistentes y acumulables en suelo, agua y organismos vivos. En este último aspecto, los insecticidas sintéticos además causan daños a fauna benéfica

como los polinizadores. En la última década se ha detectado que la mayoría de los insecticidas utilizados en *B. tabaci* ya no son efectivos, debido a que la mosquita blanca ha desarrollado resistencia a estos compuestos sintéticos (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2024).

Por lo mencionado anteriormente, se ha prestado mayor atención al uso de insecticidas de origen vegetal o insecticidas botánicos que contienen compuestos bioactivos con menor impacto ambiental (Kisiriko *et al.*, 2021). Reportes previos han indicado que extractos vegetales empleando hexano, alcoholes o agua como solventes pueden resultar útiles para un manejo biorracial de plagas como *B. tabaci* (Cruz-Estrada *et al.*, 2013; Esquivel-Chí *et al.*, 2024). En general las actividades biológicas de los extractos pueden incluir las siguientes afectaciones a plagas de insectos: repelencia, inhibición del crecimiento, esterilización por metabolitos, atrayentes de depredadores de plagas, disuasión de la ovoposición e inhibición de la alimentación de los nutrientes de las plantas (Lengai *et al.*, 2020; Hameed *et al.*, 2023).

Lonchocarpus Kunth (Fabaceae, Millettieae) es un género de plantas que incluye 150 especies distribuidas en el continente americano y una especie de distribución más amplia en los neotrópicos y en África: *L. sericeus* (Poir.) DC (da Silva *et al.*, 2012). Existen numerosos reportes sobre la actividad antimicrobiana, antihelmíntica e insecticida del género *Lonchocarpus* (Birch *et al.*, 1985; Almeida Filho *et al.*, 2018; Luzuriaga-Quichimbo *et al.*, 2019). Dicho género presenta una amplia diversidad de metabolitos secundarios con actividad biológica como rotenona, denguelina, eliptona y alfa-toxicarol, cuya actividad insecticida se ha reportado previamente (Birch *et al.*, 1985). La actividad de repelencia y control de la infestación de *B. tabaci* no ha sido previamente estudiado usando extractos de especies del género *Lonchocarpus*. En contraste, las propiedades insecticidas de *A. indica* han sido anteriormente reportadas en diferentes tipos de plagas (Kumar & Poehling, 2006; Lynn *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial insecticida del extracto etanólico de *L. oliganthus*, solo y en combinación con extractos de *A. indica*, sobre *B. tabaci*, mediante los parámetros de índice de repelencia de adultos (RI, repellency index) y el índice de disuasión de la ovoposición (ODI, ovoposition deterrence index).

Material y Métodos

Colonia de *Bemisia tabaci*

Para los ensayos de repelencia y disuasión de la ovoposición se utilizó una población de adultos de *B. tabaci* biotipo Q establecida desde 2018 en plantas de berenjena (*Solanum melongena* L.) ubicada en los invernaderos experimentales del Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal.

Colecta del material vegetal y preparación del extracto etanólico.

Las hojas de las especies del género *Lonchocarpus* y de *A. indica* fueron colectadas de árboles maduros de más de 4 metros de altura durante los meses de enero y febrero de 2020 y 2021 en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, en los jardines del Instituto Tecnológico de Mérida. Las hojas fueron seleccionadas sin manchas, presencia de insectos o amarillamiento. Para ambas especies se retiraron las nervaduras de las hojas y se pusieron a secar a 50 °C durante tres días en un horno de secado (A&E Laboratories). Posteriormente, las hojas ya secas se trituraron

en una licuadora comercial hasta obtener un polvo fino (Super Blender Mill Grater hs-999).

Tanto para *A. indica* como para los ejemplares de *Lonchocarpus* la liberación de los compuestos activos se realizó pesando 15 g de polvo fino de las hojas y se aforaron con 450 mL de etanol al 96%, la solución se agitó durante una hora en un matraz Erlenmeyer y se dejó en reposo durante 48 h en oscuridad.

Transcurrido el tiempo se procedió a filtrar con tela pellon en dos ocasiones consecutivas. El extracto filtrado se depositó en bandejas de vidrio Pyrex de 21.5 x 31 cm, la evaporación del solvente se realizó por exposición al aire a presión atmosférica normal, la pasta obtenida ya seca se colectó y se almacenó en congelación a -20 °C.

Identificación molecular de *Lonchocarpus* mediante marcaje de DNA.

Se colectaron hojas frescas de la planta y se trituraron con nitrógeno líquido. El protocolo de extracción de DNA se realizó de acuerdo a Magaña-Ortiz *et al.* (2013) y Magaña-Ortiz *et al.* (2024). Para la identificación de la planta se utilizaron cebadores (primers) específicos de plantas previamente reportados por Dunning & Savolainen (2010) y Bruni *et al.* (2015). Las secuencias empleadas fueron las siguientes: MatK Kim 3F (5'-CGTACAGTACTTTGTGTTACGAG-3') y MatK – Kim 1R (5'-ACCCAGTCCATCTGGAAATCTTGGTTC-3').

La reacción en cadena de la polimerasa se realizó en las siguientes condiciones utilizando el equipo MultiGene gradient thermocycler (Labnet) y la enzima Phusion Taq DNA polimerasa (Thermo Fisher Scientific). Las temperaturas de amplificación incluyeron una desnaturalización inicial de 98 °C por 1 min seguida por 25 ciclos continuos de desnaturalización a 98 °C por 50 s, alineamiento a 53 °C por 1 min y extensión a 72 °C por 1 min. Después del proceso de amplificación los fragmentos de DNA fueron analizados en geles de agarosa al 1 % (p/v) en buffer TAE 1X. Para la secuenciación los fragmentos de los genes obtenidos se recuperaron con el kit Zymoclean Gel DNA Recovery Kit (Zymo Research) de acuerdo a las instrucciones del proveedor. Los productos de PCR purificados se enviaron para su secuenciación completa al Instituto de Biotecnología-Universidad Nacional Autónoma de México (IBT-UNAM). Los resultados se analizaron con el algoritmo Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) del National Institute of Health (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Las secuencias obtenidas de forma exitosa se depositaron en la base de datos GenBank usando el algoritmo Bankit. Finalmente, los amplicones obtenidos se analizaron con el método Maximum Likelihood y el modelo Tamura & Nei (1993) para lograr como resultado la reconstrucción del árbol filogenético.

Evaluación de repelencia de adultos y disuasión de la oviposición de *B. tabaci*.

La aplicación de los extractos de *Lonchocarpus* y *A. indica* se realizó con un diseño aleatorio como se ha reportado previamente (Baldin *et al.*, 2015; Esquivel-Chí *et al.*, 2024) con algunas adaptaciones que se describen a continuación. Previamente a la aplicación en plantas de chile habanero todos los extractos obtenidos se disolvieron en agua destilada y se sonicaron empleando el equipo Set Sonics (251OR-MT, Bransonic®, USA). Plantas de chile habanero variedad Jaguar (*C. chinense*) de 32 días después de su germinación se transfirieron a macetas de plástico de 1 L con

tierra como sustrato. Se utilizaron 5 plantas por cada tratamiento experimental y 5 plantas como control negativo. El procedimiento experimental a nivel invernadero se repitió en 2 ocasiones con igual número de plantas. Dos hojas superiores completamente desarrolladas y extendidas de cada planta fueron sumergidas en el extracto acuoso durante 10 s. El control negativo aplicado fue agua destilada y los tratamientos experimentales fueron los siguientes: hoja *A. indica* (0.125 % p/v), hoja *L. oliganthus* (0.125 % p/v), hoja *A. indica* (0.25 % p/v), hoja *L. oliganthus* (0.25 % p/v) y combinación hoja *L. oliganthus* (0.125 % p/v) con hoja *A. indica* (0.125 % p/v). El control positivo consistió en la aplicación de un insecticida botánico comercial que contiene argemonina, berberina y ricinina (BioDie®, PTI S.A. de C.V.) a una concentración de 4 mL por L de agua.

Después de la aplicación de cada tratamiento las plantas se colocaron al azar alrededor de plantas de *S. melongena* L. completamente infestadas por *B. tabaci*, de tal manera que las plantas de *S. melongena* funcionaran como fuente de infestación. La distancia de cada planta tratada a la planta infestada fue de 1 m. El conteo total de huevos y adultos en las plantas tratadas se realizó a las 48 h después de la exposición. El área foliar de las hojas muestreadas se calculó con medidor óptico estacionario (LICOR, LI-3100C, NE, USA). Posteriormente, por cada tratamiento se estableció el número de adultos y de huevos por centímetro cuadrado para obtener los valores de índice de repelencia de adultos (RI) y de disuasión de la oviposición (ODI) de *B. tabaci*.

El valor de RI se determinó a partir de la siguiente ecuación, donde T_a es el número total de adultos presentes en las plantas expuestas al extracto y C_a es el número total de adultos presentes en las plantas control con sólo agua aplicada. Valores de RI cercanos a 0 indican una alta repelencia y por el contrario, valores cercanos a 1 indican una muy baja repelencia (Baldin *et al.* 2015).

Ec. 1.

$$RI = \frac{2T_a}{(T_a + C_a)}$$

El valor de ODI se estableció con una segunda ecuación donde T_e es el número total de huevos presentes en las hojas tratadas con los extractos y C_e es el número total de huevos presentes en los controles sólo tratados con agua. Valores de ODI cercanos a -100 indican valores altos de disuasión mientras que valores cercanos a +100 o mayores indican valores muy bajos de disuasión de la oviposición o incluso que el extracto funciona como atrayente para las plagas (Baldin *et al.* 2015).

Ec. 2.

$$ODI = \frac{T_e - C_e}{(T_e + C_e)} \times 100$$

Con el fin de establecer el efecto del extracto se tomaron como referencia los valores previamente reportados en Baldin *et al.* (2015). Para el RI, se establecieron cuatro posibles efectos: alta repelencia (RI 0.00–0.50), repelencia intermedia (RI 0.51–0.80), baja repelencia (RI 0.81–1.0), y repelencia nula (RI > 1.0). Con respecto al parámetro de ODI los valores posibles de referencia fueron: alta disuasión (ODI – 100 to – 80), disuasión intermedia (ODI – 81 to – 60), baja disuasión (IDP – 61 to – 40), y finalmente disuasión nula (ODI – 39 to 0).

A los 7 días de dar inicio la exposición, se realizó una segunda evaluación de efecto de los extractos en la repelencia de adultos (RI), como se hizo a las 48 h de iniciada la exposición, y también se evaluó la densidad poblacional de huevos en el follaje de *C. chinense*.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos a partir de la densidad de la población de adultos y de huevecillos se compararon entre los tratamientos conteniendo extractos de *L. oliganthus*, *A. indica*, combinación de ambos extractos y los grupos control a los que se les aplicó agua destilada. Se realizó el análisis Shapiro Wilk para determinar si los datos tienen una distribución normal y el test de Levene para homocedasticidad y por tanto se pudiera aplicar los criterios para ANOVA. En caso contrario los datos fueron transformados como indica Baldin *et al.* (2015) de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ec. 3.

$$x_1 = \sqrt{x + 0.5}$$

Después de la transformación las medias de cada tratamiento se compararon con la prueba de Tukey en el programa GraphPad Prism version 10.0.0 for Windows, (GraphPad Software, Boston, Massachusetts USA). El valor de significancia estadística fue establecido con $p \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Identificación molecular de la planta del género *Lonchocarpus*.

Se realizó la amplificación del marcador molecular de DNA (DNA barcoding) matK proveniente del genoma del cloroplasto en 4 ocasiones para una identificación específica a nivel molecular de la planta de estudio. La amplificación fue de 700 pb a 800 pb de buena calidad (Figura 1). También puede observarse la alta especificidad de las secuencias obtenidas ya que se obtuvo una sola banda con alta resolución (Figura 1). Las secuencias fueron depositadas en el GenBank con los números de registro PV594459 y PV712690 previa revisión de un equipo de editores de la base de datos mencionada que confirmó la identificación molecular de la especie.

Como puede observarse en la Figura 2 en las ramas filogenéticas las secuencias obtenidas permiten identificar el ejemplar de estudio a nivel especie como *Lonchocarpus oliganthus*. A pesar de que estudios previos reportan una amplia diversidad de morfologías y especies crípticas del género *Lonchocarpus* (da Silva *et al.*, 2012), el método de DNA barcoding, ampliamente utilizado en sistemática taxonómica, permite una eficiente discriminación entre especies muy cercanas evolutivamente (Dunning & Savolainen 2010; Bruni *et al.*, 2015; Tamura *et al.*, 2021).

La distribución geográfica coincide con la identificación molecular, la especie está distribuida desde el centro de México hasta Centroamérica. De igual modo, la morfología de los ejemplares analizados por DNA barcoding coincide con la descripción reportada previamente en la literatura científica como se detalla a continuación. Deskins (2013) y Deskins *et al.* (2014) describen que la parte inferior de las hojas de *L. oliganthus* es redondeada y su borde extremo tiene una pequeña punta con formas redondeadas. Además, *L. oliganthus* también produce de 3 a 4 panículas hacia el extremo de la rama, pero estas miden solo de 6 a 10 cm de largo, por lo que son mucho más cortas que las hojas. Las flores pequeñas y violáceas miden de 8 a

9 mm de largo, son delgadas, tienen una forma similar a la de una espiga y se extienden por la rama.

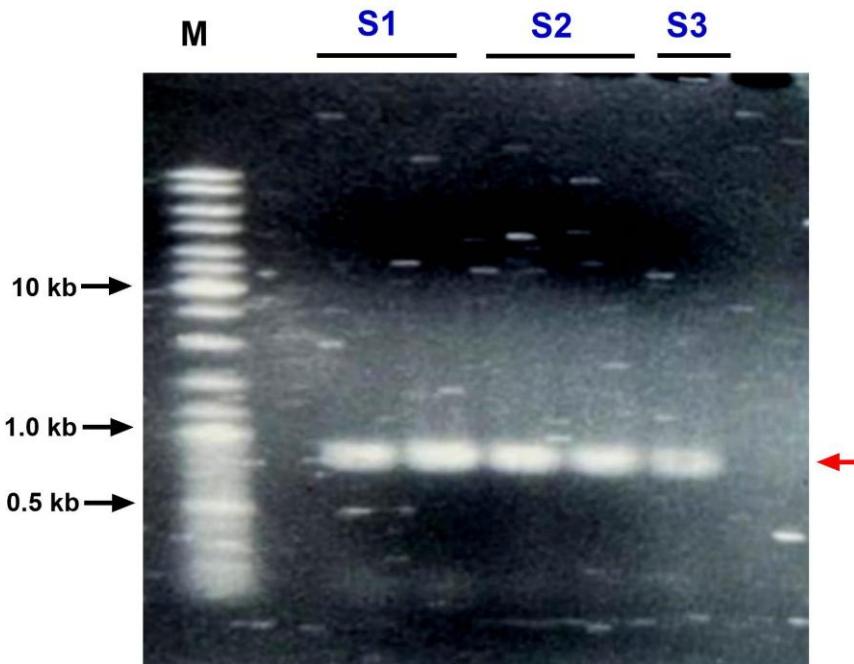


Figura 1. Amplificación del marcador molecular matk de *Lonchocarpus oliganthus* después de la realización de protocolos de PCR. M, marcador comercial de peso molecular. S1, muestra 1; S2, muestra 2; S3, muestra 3. Todas las muestras analizadas son DNA genómico obtenido de hojas. La amplificación positiva está indicada por una flecha roja. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de este trabajo.

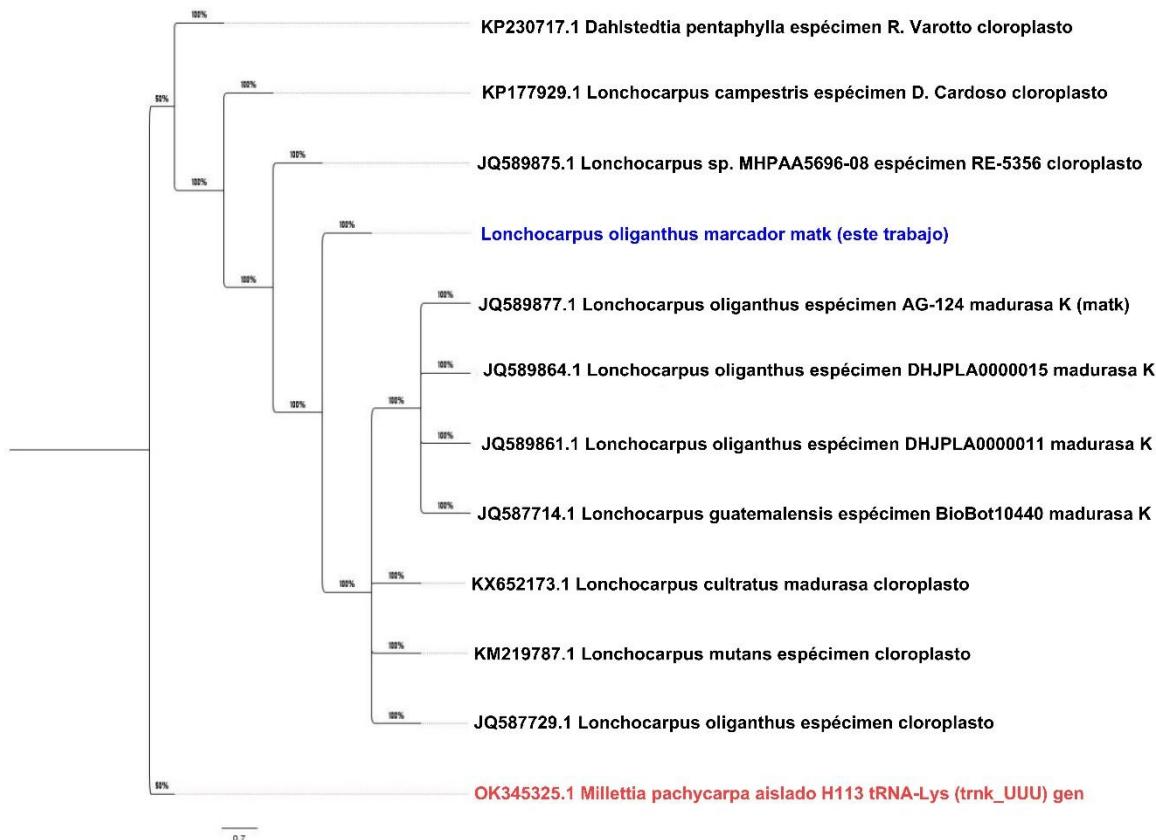


Figura 2. Árbol filogenético construido con secuencias del gen mat K de *Lonchocarpus oliganthus* y su comparación con otras especies de plantas relacionadas. El gen matK (madurasa K) es un marcador cloroplástico ampliamente utilizado en estudios filogenéticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de secuencias de DNA obtenidas en este trabajo.

Efecto de los extractos en la repelencia de adultos (RI) de *B. tabaci*

La aplicación de los extractos de *A. indica* y *L. oliganthus* mostró efectos variables en los índices de RI de *B. tabaci* en la evaluación a las 48 h (Tabla 1). Los extractos de *A. indica* 0.125 % mostraron efectos intermedios de índice de repelencia (RI, 0.51-0.8) y los tratamientos de *A. indica* 0.25 % y *L. oliganthus* 0.25 %, así como la combinación de los dos tratamientos *L. oliganthus* 0.125 % más *A. indica* 0.125 %, mostraron bajos índices de repelencia (RI 0.81-1.0). El extracto de *L. oliganthus* 0.125 % así como el tratamiento comercial BioDie® mostraron nulos efectos de repelencia de adultos, más bien, se observó un aumento en la población de adultos con respecto al control negativo.

A los 7 días después de la aplicación de los extractos, se volvió a evaluar la densidad de adultos en el follaje para calcular los índices RI. El extracto *L. oliganthus* 0.125 % causó disminución de la población de adultos en las hojas de *C. chinense*, con valor de RI intermedio (RI = 0.58) (Tabla 1). De igual modo, la combinación del extracto *L. oliganthus* 0.125 % más el extracto *A. indica* 0.125 % redujo ligeramente la población de adultos, con valor de RI intermedio (RI = 0.78). En concordancia con lo anterior, la aplicación del extracto *A. indica* 0.125 % mostró poco efecto de repelencia de adultos de *B. tabaci* (RI = 0.92)

(Tabla 1). El control positivo BioDie® mostró efectos similares al control negativo, sin repelencia significativa contra *B. tabaci*.

Los resultados obtenidos con los extractos de hoja de *A. indica* (neem) a las concentraciones utilizadas en este trabajo, no mostraron los efectos que se han documentado en la evaluación de extractos de semillas de *A. indica*, o incluso con la aplicación de compuestos como la azadiractina (Kumar & Poehling, 2006). Cabe mencionar que los efectos de repelencia de los extractos vegetales serían más deseables que los efectos letales de los extractos en los insectos plaga, ya que se ha visto que los componentes de los extractos que causan letalidad en las especies de insectos plagas, también son nocivos para los insectos benéficos, como abejas, depredadores y parasitoides (Kumar & Poehling, 2006). Por lo anterior, los extractos vegetales que promuevan efectos de repelencia de adultos serían deseables, pues se podría considerar más seguro para el ambiente e insectos benéficos.

Estudios sobre la actividad de extractos vegetales de especies de *Lonchocarpus* han mostrado actividad biológica y contra insectos plaga. *L. oliganthus* y especies cercanas como *Lonchocarpus monteviridis* y *Lonchocarpus mutans* han mostrado actividad antioxidante y antibacteriana (Deskins et al. 2014); los estudios de actividad insecticida se han documentado contra *Aedes aegypti* (Ioset et al. 2001). En plagas de interés agrícola, extractos de *L. salvadorensis* mostraron actividad contra los escarabajos *Callosobruchus* sp., dicha actividad se atribuyó a compuestos abundantes, como la rotenona, denguelina, eliptona y alfa-toxicarol (Birch et al. 1985). De igual manera, se demostró que compuestos presentes en los extractos de *L. neuroscapha* son capaces de afectar la alimentación de larvas de Lepidoptera, en específico de las especies *Spodoptera littoralis* y *Spodoptera exempta*, atribuyendo tal efecto a los metabolitos derricidina (cordoina), isocordoina, derricina y lonchocarpina (Simmonds et al. 1990). También se demostró que metabolitos secundarios presentes en el extracto de *Lonchocarpus castilloi*, como las auronas castillene D y castillene E, tienen capacidad de afectar la alimentación y reproducción de las termitas *Cryptotermes brevis* (Reyes-Chilpa et al. 1995). Los resultados obtenidos en el presente trabajo adicionan a la literatura actual, el conocimiento que los extractos de *L. oliganthus* pueden tener efectos intermedios de repelencia de adultos de *B. tabaci*. Nuevas formulaciones o la aplicación de fracciones con solventes de alta o baja polaridad podrían mejorar los efectos de repelencia empleando metabolitos de *L. oliganthus* o especies cercanas evolutivamente.

Tabla 1. Efecto de los extractos en la repelencia de adultos de *Bemisia tabaci* empleando plantas de *Capsicum chinense* en ensayos de invernadero.

Tratamiento	^a RI a las 48 h	^a RI a los 7 días
Control positivo BioDie® (0.4 % v/v)	1.32	0.99
Hoja <i>A. indica</i> (0.125 % p/v)	0.618	0.92
Hoja <i>L. oliganthus</i> (0.125 % p/v)	1.046	0.58
Hoja <i>A. indica</i> (0.25 % p/v)	0.825	^b NE
Hoja <i>L. oliganthus</i> (0.25 % p/v)	0.887	^b NE
Combinación hoja <i>L. oliganthus</i> (0.125 % p/v) + hoja <i>A. indica</i> (0.125 % p/v)	0.995	0.78
Control negativo agua	1.0	1.0

^aRI, repellency index; ^bNE, no evaluado. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en esta investigación.

Índice de disuasión de la ovoposición en adultos (ODI)

En concordancia a los resultados de repelencia de adultos, los valores de índice de disuasión de oviposición (ODI) a las 48 h variaron con respecto al extracto evaluado. Se observó alta disuasión de la ovoposición por efecto de los extractos *A. indica* al 0.125 % (p/v) con un valor ODI de -98.14 (Tabla 2) seguido por el tratamiento *L. oliganthus* 0.25 % (p/v) con valor ODI de -81.6. El extracto *L. oliganthus* 0.125 % mostró un valor ODI intermedio, mientras que el extracto *A. indica* 0.25 % causó un índice bajo ODI (Tabla 2). Además, de que la combinación de extractos *A. indica* y *L. oliganthus* no potenció la actividad de disuasión de oviposición, por el contrario, disminuyó el valor ODI, mismo que fue cercano al control negativo (Tabla 2).

En la segunda evaluación a los 7 días después de la aplicación, se analizó la densidad poblacional de huevos en las hojas de *C. chinense* (número de huevos por cm²). Los datos se normalizaron con la fórmula $x_1 = \sqrt{x + 0.5}$ de acuerdo a Baldin *et al.* (2015). En este caso se encontró que el extracto *A. indica* 0.125 % causó disminución significativa del número de huevos en las hojas, dicha reducción fue del orden de 80%, con respecto al control negativo (Figura 3). De manera importante, los extractos *L. oliganthus* en ambas concentraciones (0.125 % y 0.25 %) redujeron de forma significativa el número de huevos en las hojas de *C. chinense*, en comparación con el control negativo (Figura 3).

Es importante resaltar que el efecto de los extractos en la disminución de la oviposición en la evaluación a los 7 días después de la aplicación podría estar relacionado con la afectación inicial de algún proceso clave en *B. tabaci*, probablemente el metabolismo, disminución del apareamiento o efectos en su fertilidad. También es preciso resaltar que las concentraciones de los extractos empleadas en este trabajo son consideradas bajas, ya que en la mayoría de los estudios se han usado concentraciones de 0.25 a 0.5 % (p/v).

De manera similar, los resultados obtenidos en este trabajo muestran la necesidad de búsqueda de otras alternativas para la rotación del uso de extractos vegetales para el control de *B. tabaci*, o bien para potenciar el efecto de los extractos, que en algunos casos dicho efecto es moderado o bajo. Hasta donde se ha podido documentar, este estudio

constituye el primer reporte del efecto de extractos etanólicos de *L. oliganthus* en la tasa de ovoposición de *B. tabaci*.

El efecto de los extractos de *L. oliganthus* es similar a los efectos observados en estudios con aceites esenciales de *Thymus vulgaris*, *Pogostemon cablin* y *Corymbia citriodora*, donde se observó efecto similar en la ovoposición de *B. tabaci*, incluso se documentó que las aplicaciones sucesivas de los tratamientos pudieran disminuir las poblaciones del insecto plaga (Yang *et al.* 2010). De forma similar se ha demostrado la eficacia del uso de aceites esenciales de *Ageratum conyzoides* L., *Plectranthus neochilus* Schltr., y *Tagetes erecta* L. en la disuasión de la ovoposición de *B. tabaci* (Baldin *et al.* 2013).

En comparación a la extracción de aceites esenciales, la obtención de extractos etanólicos para la aplicación de extractos a nivel invernadero, requiere en general de menor infraestructura y pocos equipos especializados (Pérez-Verdugo *et al.* 2019; Esquivel-Chí *et al.* 2024). Asimismo, el uso del follaje en la elaboración de extractos permite la obtención de biomasa vegetal sin daños significativos a árboles.

Los resultados del presente trabajo contribuyen al conocimiento del potencial biotecnológico de plantas comunes y de amplia distribución en la Península de Yucatán, con fines de manejo de plagas en la agricultura. En estudios previos sobre el uso de extractos de plantas de la Península de Yucatán para el control de *B. tabaci*, se observó que los extractos de *Croton arboreus* (raíz y tallo), *Morella cerifera* (raíz, tallo y hojas), *Erythroxylum confusum* (raíz, tallo y hojas) tuvieron resultados significativos en repelencia y disuasión de la ovoposición (Pérez-Verdugo *et al.* 2019). Sin embargo, las concentraciones empleadas fueron más altas, hasta el 3 % (p/v) que las aplicadas en este trabajo. Más recientemente, se evaluó los extractos etanólicos de hojas de *Malpighia glabra* en concentraciones de 1 % (p/v), con resultados sobresalientes en repelencia de adultos de *B. tabaci* y disuasión de la ovoposición a nivel invernadero (Esquivel-Chí *et al.* 2024). Dicho resultado, sumado a los obtenidos en este trabajo indican el potencial de especies del sureste de México para integrar un amplio repertorio de productos botánicos que permitan el control efectivo de *B. tabaci*, con bajo o nulo impacto en el ambiente.

Hasta el momento en la revisión de la literatura disponible no hay reportes previos del efecto de extractos de *L. oliganthus* en el control de *B. tabaci*, y por tanto, este es el primer reporte de la capacidad del extracto etanólico a partir de hojas de esta especie vegetal para el control de *B. tabaci*. Trabajos en curso están enfocados en la separación de fracciones con hexano, acetato de etilo y metanol para la identificación de compuestos con capacidad de repelencia y disuasión de la ovoposición de esta especie nativa del sureste de México.

Tabla 2. Efecto de los extractos en la disuición de oviposición de *Bemisia tabaci* empleando plantas de *Capsicum chinense* en ensayos de invernadero.

Tratamiento	^a ODI
Control positivo BioDie® (0.4 % v/v)	+0.113
Hoja <i>A. indica</i> (0.125 % p/v)	-98.148
Hoja <i>L. oliganthus</i> (0.125 % p/v)	-66.444
Hoja <i>A. indica</i> (0.25 % p/v)	-56.530
Hoja <i>L. oliganthus</i> (0.25 % p/v)	-81.576
Combinación hoja <i>L. oliganthus</i> (0.125 % p/v) + hoja <i>A. indica</i> (0.125 % p/v)	-0.259
Control negativo agua	0

^aODI, oviposition deterrence index. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en esta investigación.

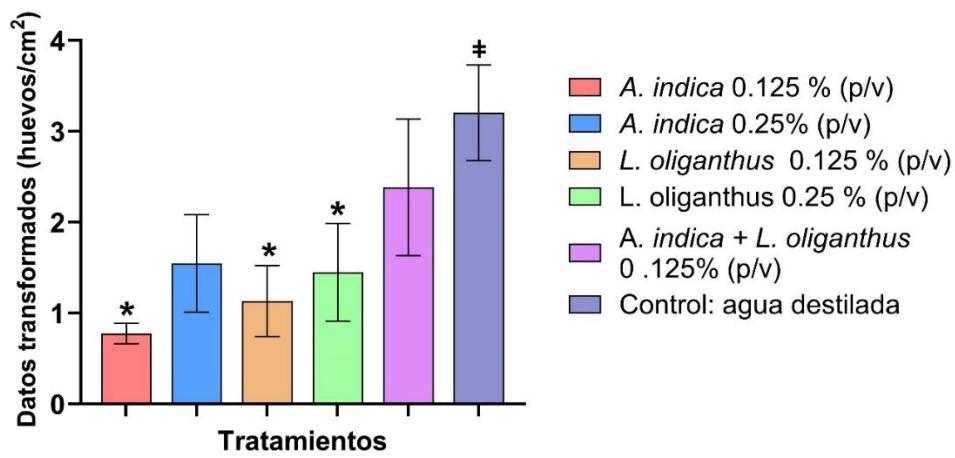


Figura 3. Densidad poblacional (media± error estándar) de huevos de *Bemisia tabaci* en hojas de *C. chinense* tratadas con extractos de *Lonchocarpus oliganthus* y *Azadirachta indica*. El número de huevos se contó después de 7 días de exposición a plantas reservorio de *B. tabaci*; posteriormente, los datos fueron transformados para su análisis usando la fórmula $x_1 = \sqrt{x + 0.5}$. Los asteriscos (*) indican una diferencia significativa entre medias de los tratamientos respecto al control negativo (agua destilada) de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), el control negativo también es señalado por (#). Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados experimentales obtenidos en este trabajo.

Conclusiones

El uso de extractos etanólicos obtenidos a partir de hojas de *L. oliganthus* puede representar una alternativa de bajo costo para el control de la infestación por *B. tabaci*. Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que la aplicación de extractos de *L. oliganthus* provocó una reducción cercana al 50 % en la población de huevos a los 7 días de aplicación. No se observó efecto consistente y significativo de los extractos en la repelencia de adultos. Los extractos de *A. indica* mostraron resultados consistentes en disuasión de la ovoposición. La aplicación combinada de *A. indica* y *L. oliganthus* no mejoró su efecto protector contra la infestación por *B. tabaci*. La preparación del extracto puede ser replicado con infraestructura básica y con equipamiento sencillo.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, DMO, ERS, DPC.; desarrollo de la metodología, ERS, DMO, DPC.; manejo de software, DMO, AFB, DPC; validación experimental, DPC, AFB, CCB, STR, JMC.; análisis de resultados, DMO, GLU, ERS, SRA.; Manejo de datos, AFB, DPC, DMO.; escritura y preparación del manuscrito, DMO, ERS.; redacción, revisión y edición, DMO, GLU, SRA, ESR.; administrador de proyectos, DMO, SRA, GLU.; adquisición de fondos, DMO, GLU, SRA. Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

La etapa inicial de esta investigación fue financiada con fondos propios. Posteriormente, este proyecto fue financiado por el Programa de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos SEP-PROMEP 2024 con clave: 8072-ITMER-CA-4.

Declaraciones éticas

La realización del proyecto se adhirió a las normas éticas del Tecnológico Nacional de México y SEP-PROMEP.

Declaración de consentimiento informado

No aplica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Henry Arceo Ruiz y al estudiante de doctorado Roberto Lara Contreras por su asesoría técnica en métodos analíticos. Así mismo se agradece a Marcos Cua Basulto y Ángel Herrera Gorocica por su apoyo técnico en las evaluaciones de actividad de los extractos.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

Almeida Filho, L. C., Tabosa, P. M., Hissa, D. C., Vasconcelos, I. M., & Carvalho, A. F. (2018). First insights into insecticidal activity against *Aedes aegypti* and partial biochemical characterization of a novel low molecular mass chymotrypsin-trypsin inhibitor purified from *Lonchocarpus sericeus* seeds. *Pest Management Science*, 74(6), 1362-1373; <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4812>

Baldin, E. L., Crotti, A. E., Wakabayashi, K. A., Silva, J. P., Aguiar, G. P., Souza, E. S., Veneziani R. C. S. & Groppo, M. (2013). Plant-derived essential oils affecting settlement and oviposition of *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B on tomato. *Journal of Pest Science*, 86, 301-308; <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-012-0462-x>

Baldin, E. L., Aguiar, G. P., Fanelo, T. L., Soares, M. C., Groppo, M., & Crotti, A. E. (2015). Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Journal of Pest Science*, 88, 191-199; <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-014-0580-8>

Birch, N., Crombie, L., & Crombie, W. M. (1985). Rotenoids of *Lonchocarpus salvadorensis*: their effectiveness in protecting seeds against bruchid predation. *Phytochemistry*, 24(12), 2881-2883; [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422\(85\)80019-4](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422(85)80019-4)

Bruni, I., Galimberti, A., Caridi, L., Scaccabarozzi, D., De Mattia, F., Casiraghi, M., & Labra, M. (2015). A DNA barcoding approach to identify plant species in multiflower honey. *Food Chemistry*, 170, 308-315. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.060>

Carnero-Avilés, L., Cerna-Chávez, E., Sánchez-Flores, O. Á., Ochoa-Fuentes, Y. M., García-Nevarez, G., Arispe-Vázquez, J. L., Ramírez-Sánchez, S. E. & Cadena-Zamudio, D. A. (2024). Identification and Distribution of *Bemisia tabaci* 1 Cryptic Species at Sinaloa, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 49(1), 88-99; <http://dx.doi.org/10.3958/059.049.0108>

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: Aleyrodoidea). *Electronic Journal of Biotechnology*, 16(1), 6-6; <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue1-fulltext-6>

da Silva, M. J., de Queiroz, L. P., Tozzi, A. M. G. D. A., Lewis, G. P., & de Sousa, A. P. (2012). Phylogeny and biogeography of *Lonchocarpus* sensu lato and its allies in the tribe Millettiaeae (Leguminosae, Papilionoideae). *Taxon*, 61(1), 93-108; <https://doi.org/10.1002/tax.611007>

Deskins, C. (2013). Phytochemical investigation of *Lonchocarpus* species: A search for antioxidant compounds. Ph. D. Dissertation. The University of Alabama in Huntsville; <https://doi.org/10.1177/1934578X1400900421>

Deskins, C. E., Vogler, B., Dosoky, N. S., Chhetri, B. K., Haber, W. A., & Setzer, W. N. (2014). Phytochemical investigations of *Lonchocarpus* bark extracts from Monteverde, Costa Rica. *Natural Product Communications*, 9(4); <http://dx.doi.org/10.1177/1934578X1400900421>

Dunning, L. T., & Savolainen, V. (2010). Broad-scale amplification of matK for DNA barcoding plants, a technical note. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 164(1), 1-9; <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01071.x>

Esquivel-Chi, M. C., Ruiz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H. S., Martín, J., Reyes, F., Carnevali, G., Tapia-Muñoz, J. L. & Gamboa-Angulo, M. (2024). Repellent screening of ethanol extracts from plants of the Yucatan Peninsula against *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) and chemical profile of *Malpighia glabra* L. leaves. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-11; <http://dx.doi.org/10.1007/s41348-024-00901-5>

Hameed, O., Qayyum, M. A., Saeed, S., Naeem-Ullah, U., & Ali, M. (2023). Bio-pesticides as an ecofriendly management of Whitefly, *Bemisia tabaci* Mitotype Asia II-1. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(2), 547-560; <http://dx.doi.org/10.1007/s42690-023-00964-1>

Ioset, J. R., Marston, A., Gupta, M. P., & Hostettmann, K. (2001). Five new prenylated stilbenes from the root bark of *Lonchocarpus chiricanus*. *Journal of Natural Products*, 64(6), 710-715; <http://dx.doi.org/10.1021/np000597w>

Kisiriko, M., Anastasiadi, M., Terry, L. A., Yasri, A., Beale, M. H., & Ward, J. L. (2021). Phenolics from medicinal and aromatic plants: Characterisation and potential as biostimulants and bioprotectants. *Molecules*, 26(21), 6343; <http://dx.doi.org/10.3390/molecules26216343>

Kumar, P., & Poehling, H. M. (2006). Persistence of soil and foliar azadirachtin treatments to control sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) on tomatoes under controlled (laboratory) and field (netted greenhouse) conditions in the humid tropics. *Journal of Pest Science*, 79, 189-199; <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-006-0133-x>

Lengai, G. M., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239; <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>

Luzuriaga-Quichimbo, C. X., Blanco-Salas, J., Cerón-Martínez, C. E., Alías-Gallego, J. C., & Ruiz-Téllez, T. (2019). Promising Potential of *Lonchocarpus utilis* against South American Myasis. *Plants*, 9(1), 33; <http://dx.doi.org/10.3390/plants9010033>

Lynn, O. M., Song, W. G., Shim, J. K., Kim, J. E., & Lee, K. Y. (2010). Effects of azadirachtin and neem-based formulations for the control of sweetpotato whitefly and root-knot nematode. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 53, 598-604; <http://dx.doi.org/10.3839/ksabc.2010.092>

Magaña-Ortíz, D., Coconi-Linares, N., Ortiz-Vazquez, E., Fernández, F., Loske, A. M., & Gómez-Lim, M. A. (2013). A novel and highly efficient method for genetic transformation of fungi employing shock waves. *Fungal Genetics and Biology*, 56, 9-16; <http://dx.doi.org/10.1016/j.fgb.2013.03.008>

Magaña-Ortíz, D., López-Castillo, L. M., & Amezquita-Novel, R. (2024). White-rot fungus *Phlebia floridensis* ITM 12: Laccase production, oxidoreductase profile, and hydrogen-peroxide independent activity. *Journal of Basic Microbiology*, 64(1), 106-118; <http://dx.doi.org/10.1002/jobm.202300462>

Pérez-Verdugo, O. C., Ruiz-Sánchez, E., Gamboa-Angulo, M., Latournerie-Moreno, L., Fernández-Concha, G. C., Cuabasulto, M., & Chan-Cupul, W. (2019). Actividad biológica de productos derivados de plantas en mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y su parasitoide *Encarsia formosa* [Activity of plant derived products in the whitefly (*Bemisia tabaci*) and its parasitoid *Encarsia formosa*]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 575-583.

Reyes-Chilpa, R., Viveros-Rodriguez, N., Gomez-Garibay, F., & Alavez-Solano, D. (1995). Antitermitic activity of *Lonchocarpus castilloi* flavonoids and heartwood extracts. *Journal of Chemical Ecology*, 21, 455-463; <https://doi.org/10.1007/bf02036742>

Ruiz-Jiménez, A. L., Chan-May, Y. J., Ruiz-Sánchez, E., Moreno-Valenzuela, O. A., Minero-García, Y., Samaniego-Gámez, B. Y., Latournerie-Moreno, L. & Pierre, J. F. (2024). Epidemics of Begomovirus transmitted by *Bemisia tabaci* in Habanero Peppers and the Efficacy of Botanical Insecticides. *Agricultural Research*, 1-7; <http://dx.doi.org/10.1007/s40003-024-00714-w>

Simmonds, M. S. J., Blaney, W. M., Delle Monache, F., & Marini Bettolo, G. B. (1990). Insect antifeedant activity associated with compounds isolated from species of *Lonchocarpus* and *Tephrosia*. *Journal of Chemical Ecology*, 16, 365-380; <https://doi.org/10.1007/bf01021771>

Tamura K. and Nei M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution* 10:512-526; <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023>

Tamura K., Stecher G., and Kumar S. (2021). MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution* <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>.

Yang, N. W., Li, A. L., Wan, F. H., Liu, W. X., & Johnson, D. (2010). Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Crop protection*, 29(10), 1200-1207; <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.006>