



Research Centre for Biological Sciences  
(CICB), Autonomous University of  
Tlaxcala, Mexico. All rights reserved



SHORT COMMUNICATION



***In vitro* biological activity of ethanolic extracts from plants of the Meliaceae family on *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae)**

**Actividad biológica *in vitro* de extractos etanólicos de plantas de la familia Meliaceae en *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae)**

Victor Gabriel Almada-Ruiz<sup>1</sup>, Gabriel Antonio Lugo-García<sup>1</sup>, Laura Delia Ortega-Arenas<sup>2</sup>, Edgar Eduardo Mendoza-García<sup>2</sup>, Álvaro Reyes-Olivas<sup>1</sup> & Bardo Heleodoro Sánchez-Soto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Calle 16 y Avenida Japaraqui, 81110. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, Mexico.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Mexico.

\*Corresponding author

E-mail address: [bardosanchez@uas.edu.mx](mailto:bardosanchez@uas.edu.mx) (B. H. Sánchez-Soto).

Article history:

Received: 8 March 2021 / Received in revised form: 13 May 2021 / Accepted: / 21 May 2021 / Published online: 1 July 2021.

<https://doi.org/10.29267/mxjb.2021.6.3.19>

**ABSTRACT**

*In vitro* effect of ethanolic extracts of *Azadirachta indica* seeds, *Melia azedarach* and *Swietenia humilis* (Meliaceae) were evaluated on the mortality, repellency and oviposition of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Toxicity was determined by the placement of adults and nymphs on orange leaf discs (*Citrus sinensis* cv. Valencia) previously sprayed or immersed in the treatments. The repellency was estimated through an exposition of adults to the treated leaf, in an experimental arena for 24 h. In order to inhibit oviposition, *Murraya paniculata* sprouts sprinkled with 2.5 mL of solution were used. The ethanolic extracts from the three meliaceus showed toxicity on nymphs and adults; however, adults evidenced the toxic effect as of 100.0 mg/mL, while nymphs did at 4.10 mg/mL. With a repellent effect, the 100 mg/mL solution stands out, with 82

and 78% for *A. indica* and *S. humilis*, respectively; effect associated to the concentration and the time. The oviposition was affected by ethanolic extracts of *S. humilis* and *A. indica* at 100.0 mg/mL. It is inferred that the ethanol extracts from *S. humilis* and *A. indica* present potential to be considered in the development of alternatives for the integrated management of *D. citri*.

**Keywords:** Extracts, Meliaceae, oviposition, psyllid, repellency, toxicity.

## RESUMEN

Se evaluó *in vitro* el efecto del extracto etanólico de semillas de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* y *Swietenia humilis* (Meliaceae) sobre la mortalidad, repelencia y oviposición de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). La toxicidad se determinó al exponer adultos y ninfas en discos de hoja de naranjo (*Citrus sinensis* cv. Valencia) tratados con los extractos etanólicos mediante métodos de aspersión e inmersión. La repelencia se estimó al exponer adultos a una hoja tratada, dentro de una arena experimental por 24 h. Para la inhibición de la oviposición se utilizaron brotes de *Murraya paniculata* asperjados con 2.5 mL de solución. Los extractos etanólicos de las tres meliáceas mostraron toxicidad en ninfas y adultos; el efecto tóxico en los adultos fue evidente a partir de 98.12 mg/mL, mientras que en ninfas se evidencio a partir de 4.10 mg/mL. Como repelentes sobresalieron los extractos de *S. humilis* (82%) y *A. indica* (78%) a 100.0 mg/mL, efecto asociado a la concentración y el tiempo. La oviposición fue afectada con los extractos de *S. humilis* y *A. indica* a 100.0 mg/mL. Se infiere que los extractos etanólicos de *S. humilis* y *A. indica* presentan potencial para considerarse en el desarrollo de alternativas para el manejo integrado de *D. citri*.

**Palabras clave:** Extractos, Meliaceae, oviposición, psílido, repelencia, toxicidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

La asociación entre *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 y la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) constituye el complejo vector-patógeno con mayor potencial destructivo en la producción cítrica mundial (Bové, 2006). Caracterizada con una alta especificidad por miembros de la familia Rutaceae, *D. citri* posee mediano impacto como plaga (Hernández *et al.*, 2014); sin embargo, la sinergia entre esta y la bacteria redimensiona de forma significativa el escenario en los cítricos al inducir la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) y cuyo desarrollo en el cultivo compromete la producción y calidad del fruto, así como la supervivencia de la planta (Yang *et al.*, 2006). Si bien el complejo *D. citri*-CLas-HLB ha sido devastador en otras regiones del mundo, en México el impacto se ha presentado de forma mesurada; sin embargo, proyecciones sugieren que bajo un panorama catastrófico las pérdidas productivas se acercarían a los tres millones de toneladas, equivalentes al 41 % del total de la producción nacional de cítricos (Salcedo *et al.*, 2010). Ante la dificultad para erradicar el HLB, el esfuerzo fitosanitario se ha concentrado principalmente en el manejo del vector, encontrando en el uso de productos químicos el principal método (Singh & Yadav, 2018; Monzó & Stansly, 2019; Iqbal *et al.*, 2020; Tang *et al.*, 2020). Pese a su eficacia, se ha generado un intenso debate sobre la pertinencia de su uso,

principalmente por la incapacidad de los productos para detener de forma total la transmisión del patógeno (Hosseinzadeh *et al.*, 2019), la inducción de resistencia en el psílido (Naeem *et al.*, 2016; Roy & Rizvi, 2020) y el impacto en el ambiente, la fauna benéfica y la salud humana (Devine *et al.*, 2008; Hall & Nguyen, 2010; Tiwari *et al.*, 2011), situación que ha estimulado la necesidad de generar e implementar estrategias de control complementarias. Al respecto, el empleo de productos naturales a base de plantas ha mostrado ser una alternativa sustentable y efectiva en el manejo de plagas, principalmente por su naturaleza orgánica y su alta capacidad de biodegradación (Celis *et al.*, 2008). Dentro de las plantas con actividad insecticida destacan miembros de la familia Meliaceae, en particular las especies *Azadirachta indica* A. Juss (neem), *Melia azedarach* L. (paraíso) y *Swietenia humilis* Zucc (venadillo), las cuales, presentan diversas vías de acción tanto en relación con el número de especies afectadas como en su modo de actuar (Jiménez *et al.*, 1998; Li, 1999; Ibáñez & Zoppolo, 2008; Morgan, 2009; Senthil, 2013). El árbol de neem (*A. indica*) posee alta concentración de azadiractina, metabolito de amplio uso en la formulación de bioplaguicidas. En *D. citri*, este compuesto ha mostrado resultados positivos; Khan *et al.*, (2012) reportan mortalidad de 80% en adultos de *D. citri* al aplicar aceites de semillas de neem en concentraciones de 10 mg/mL. Por su parte *M. azedarach* se ha señalado como poseedora de alta concentración de triterpenoides, compuestos naturales capaces de inhibir la alimentación de insectos fitófagos y producir la muerte y malformación de nuevas generaciones (Vergara *et al.*, 1997; Carpinella *et al.*, 2003). En *D. citri*, Sandoval *et al.*, (2013) encontraron que la mezcla de guayaba (*Psidium guajava* L.) – toloache (*Datura stramonium* L.) – aceite de piocha (*Melia azedarach* L.), en dilución 60:25:15 logra un efecto contundente en la supervivencia de ninfas y adultos. Respecto al contenido químico de *S. humilis*, estudios fitoquímicos muestran que sus semillas contienen al menos 11 humilinoideos (Jiménez *et al.*, 1998). Específicamente, se indica que los humilinoideos C y E aislados del extracto metanólico poseen actividad insecticida contra el barrenador europeo del maíz *Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796 (Lepidoptera: Crambidae) (Jiménez *et al.*, 1997; Jiménez *et al.*, 1998). Los efectos producidos por diversas meliáceas sobre los insectos hacen de esta familia de plantas una interesante alternativa para el manejo de *D. citri*. En correspondencia, en la presente investigación se evaluó bajo condiciones de laboratorio e invernadero la actividad biológica inducida por los extractos etanólicos de semillas de *A. indica* (neem), *M. azedarach* (paraíso) y *S. humilis* (venadillo) sobre la supervivencia de adultos y ninfas de tercer instar de *D. citri*; así como en el comportamiento ovipositor y de permanencia del adulto en brotes de árboles de naranja.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del experimento y colecta de material biológico

Los bioensayos se realizaron en el Laboratorio de Insectos Vectores del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, México. Los insectos empleados se obtuvieron de colonias de *D. citri* (proporción sexual 1:1, macho: hembra) establecidas bajo condiciones de invernadero y aisladas en jaulas de laboratorio desde el 2009. Las semillas de las plantas fuente se obtuvieron de plantaciones naturales localizadas en la

comunidad del ejido Taxtes, municipio de El Fuerte, Sinaloa, México (25° 54' 45" N y 108° 56' 17" W).

## **2.2. Preparación de extractos**

Se secaron, pesaron y trituraron 10 g de semilla de *A. indica* (neem), *M. azedarach* (paraíso) y *S. humilis* (venadillo). El polvo obtenido se mezcló con 70 mL de agua destilada y 30 mL de alcohol al 96%. La mezcla se agitó y almacenó por 72 h a temperatura ambiente, en un lugar seco y sin exposición solar. Se separó la fase sólida de la líquida con ayuda de tela tricot. A partir de la solución al 10% (100 mg/mL) y mediante diluciones subsecuentes se elaboraron concentraciones de 100 hasta 0.1 mg/mL. Para facilitar la emulsión en todos los tratamientos se añadió Tween 20 a 1% antes de la aplicación.

## **2.3. Bioensayos**

### **2.3.1. Mortalidad**

La mortalidad de ninfas se evaluó con el método propuesto por Prabhaker *et al.*, (2006) con ligeras modificaciones. A partir de la solución inicial (10% p/v) se obtuvieron seis concentraciones (60, 20, 3.5, 1, 0.35 y 0.1 mg/mL) y un tratamiento testigo (0 mg/mL) formado por una mezcla de agua destilada (70 mL), etanol al 96% (30 mL) y Tween 20 al 1% (2 mL). Cada unidad experimental consistió de un disco de hoja de naranja *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (pro. sp.) cv. Valencia (4.0 cm de diámetro) sumergido previamente durante 5 s en la solución del tratamiento correspondiente. Los discos se secaron a temperatura ambiente y se colocaron con el envés expuesto dentro de una caja Petri (Ø 4.0 cm) con una base de agar-agar al 1.5%. Se colocaron 15 ninfas de tercer instar por disco y se cubrió la caja con una tapa con malla de organza para permitir la ventilación. En los experimentos con adultos se emplearon 20 individuos de 3 a 6 d de emergidos y 2 h en ayuno previo. Los insectos se anestesiaron con CO<sub>2</sub> por un periodo de 2 min para facilitar su manejo (Mann *et al.*, 2012). Los adultos se colocaron en el envés de un disco de hoja de naranja dentro de una caja Petri (Ø 4.0 cm) de la misma forma que el bioensayo anterior. Con ayuda de un atomizador manual (5 mL de capacidad) y a una distancia promedio de un metro, se realizaron tres aspersiones, equivalentes a 1.5 mL del tratamiento (Cabrera *et al.*, 2010). En ambos experimentos las cajas se mantuvieron en condiciones controladas (25 ± 3 °C, 12:12 h fotoperiodo). El parámetro se evaluó 24 h post tratamiento con ayuda de un microscopio estereoscópico (16x). Un individuo se consideró muerto cuando presentaba síntomas de deshidratación, movilidad nula o no reaccionaba al ser tocado con un pincel entomológico (Cortez *et al.*, 2019).

### **2.3.2. Repelencia**

Se colocaron hojas completas de naranja cv. Valencia dentro de vasos de polipropileno transparente (Cristal®) de 250 mL, invertidos, con tapa y con cuatro orificios cubiertos con tela de organza. La tapa del vaso se perforó para acoplar un vial de cristal de 2 mL con agua corriente. Como unidad experimental se utilizó una hoja de naranja

sumergida durante 5 s en el tratamiento correspondiente. Los tratamientos empleados consistieron en concentraciones de 100, 60, 40, 20, 10, 3.5, 1 y 0 mg/mL, siendo esta última el tratamiento testigo y constituido al igual que en el ensayo de mortalidad por agua destilada, etanol al 96% y Tween 20 al 1%. La hoja tratada se insertó al vial mediante el pecíolo y se dejó secar a temperatura ambiente. El vial y hoja se encerraron acoplando la tapa con el vaso en posición invertida. Se introdujeron 20 adultos de 3 a 6 d de emergidos y 2 h en ayuno previo. Las unidades experimentales se mantuvieron bajo condiciones controladas ( $25 \pm 3$  °C, 12:12 h fotoperiodo). El porcentaje de repelencia se calculó por la diferencia entre insectos posados y no posados en la hoja testigo comparada con las hojas tratadas a las 4, 5, 6 y 24 h después de la introducción de los insectos. Los porcentajes obtenidos se expresaron con relación al número total de insectos por repetición (20 insectos no posados = 100% de repelencia/repetición). El porcentaje de repelencia aceptable para el testigo fue  $\leq 12\%$ . Se calculó el Índice de Repelencia (IR) propuesto por Lin *et al.*, (1990) con la fórmula  $IR = 2G/(G+P)$ , donde G= % de insectos posados en el tratamiento y P= % de insectos posados en el testigo. Los índices se clasificaron como IR = 1 concentración neutra, IR < 1 concentración repelente, e IR > 1 concentración atrayente.

### 2.3.3. Inhibición de la oviposición

Para este experimento la unidad experimental se constituyó a partir de brotes vegetativos de plantas en maceta de *Murraya paniculata* (L.) Jack (limonaria) al ser considerada el hospedero ideal en la reproducción de *D. citri* (González *et al.*, 2016). De cada planta se tomaron cinco ramas con brotes de reciente emergencia, constituyendo cada brote una repetición. Los tratamientos se formularon a concentraciones de 100, 60, 40, 20, 10, 3.5 y 1 mg/mL; mientras que la solución testigo (0 mg/mL) se constituyó de agua destilada (70 mL), etanol al 96% (30 mL) y 2 mL de Tween 20 al 1%. Con un atomizador manual se asperjó cada brote en cinco ocasiones (2.5 mL de solución). Los brotes se dejaron secar a temperatura ambiente y se aislaron de forma individual en un recipiente cilíndrico de plástico liso transparente (150 mL de capacidad) con un orificio lateral (2 x 2 cm) cubierto con tela de organza para permitir la ventilación. Se introdujeron 20 psíidos adultos, en proporción macho-hembra 1:1, de 3 a 6 días de emergidos y con 2 h en ayuno previo. Las plantas con los brotes tratados se mantuvieron en condiciones de invernadero ( $25 \pm 3$  °C, 12:12 h fotoperiodo). A las 24 h post aplicación los adultos se retiraron y se contabilizó el número de huevos depositados en el brote. La inhibición de la oviposición se expresó en porcentaje, al considerar el número de huevos del testigo como 100% de oviposición.

### 2.4. Análisis estadístico

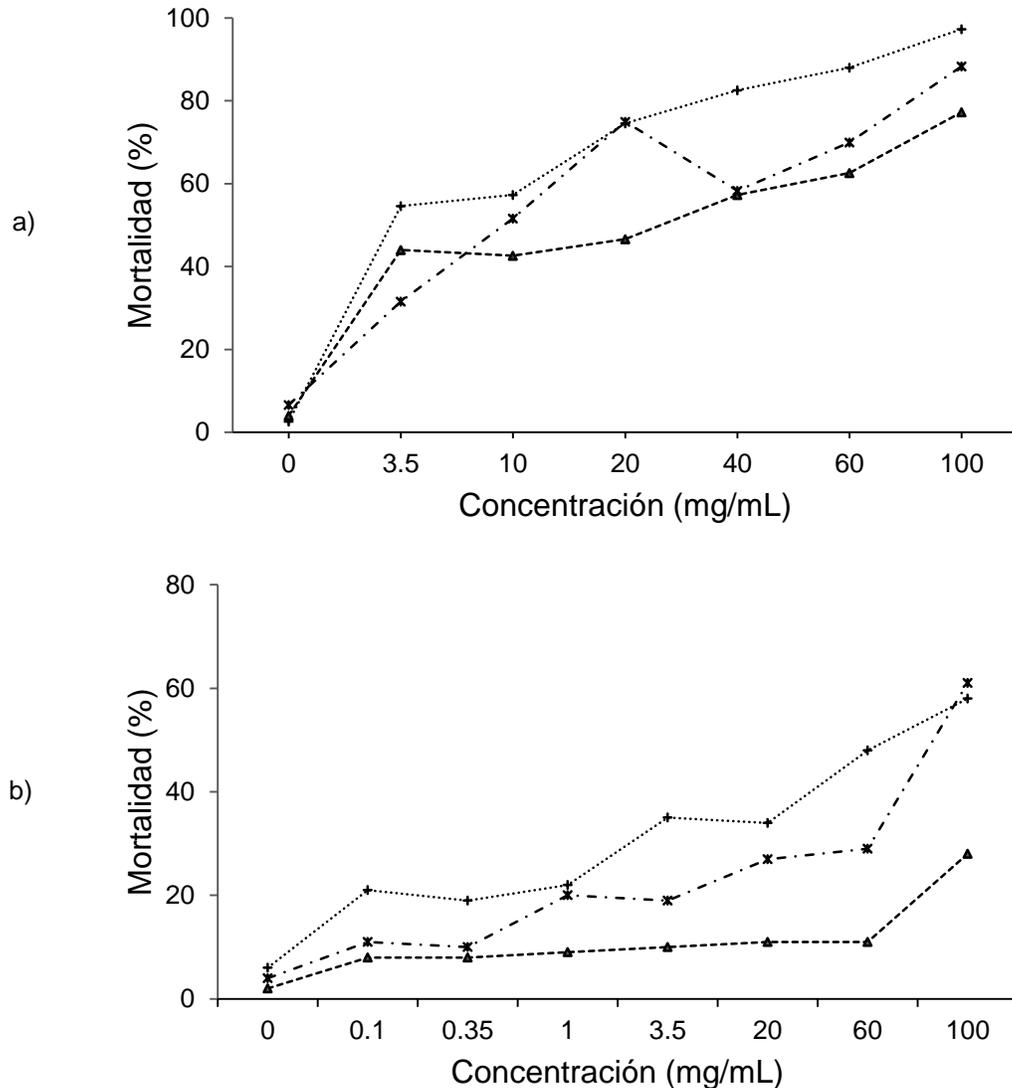
Los bioensayos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar, con siete tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados se analizaron mediante el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis y el estadístico  $X^2$  de Pearson con un nivel de significancia a 5%. Para la comparación de medias se utilizó la Suma de Rangos de Wilcoxon. Se realizó análisis Probit para determinar los valores de la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>), Concentración de Repelencia Media (CR<sub>50</sub>) y Concentración de Inhibición de Oviposición Media (CIO<sub>50</sub>), las cuales se expresaron en mg/mL. Todos los

análisis se realizaron con el software estadístico SAS v. 9.0 para Windows (SAS Institute, 2002).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Mortalidad

Los extractos etanólicos de las tres plantas evaluadas mostraron toxicidad sobre ninfas de 3er. Instar y adultos de *D. citri* ( $p < 0.05$ ). Los porcentajes de mortalidad más significativos se obtuvieron con la dosis máxima (100 mg/mL), encontrando una estrecha relación entre concentración y toxicidad (Fig. 1). Las ninfas de tercer instar mostraron mayor susceptibilidad al observarse porcentajes de mortalidad media del  $97.3 \pm 1.2\%$  con *A. indica*,  $88.3 \pm 4.3\%$  en *S. humilis* y  $77.3 \pm 1.82\%$  en *M. azedarach*. Destacan *A. indica* y *S. humilis* con porcentajes superiores al 70% con dosis de 20 mg/mL; observaciones ratificadas con los valores de  $CL_{50}$  estimados donde el extracto de *A. indica* induce la mortalidad del 50% de la población de ninfas de 3er. instar con dosis de 4.10 mg/mL, seguido por el extracto de semillas *S. humilis* (12.26 mg/mL) y *M. azedarach* (93.49 mg/mL). En adultos la máxima toxicidad se obtuvo con los tratamientos de mayor concentración, destacando el extracto de semillas de *S. humilis* y *A. indica* con  $61.0 \pm 1.92$  y  $58.0 \pm 1.52\%$  de mortalidad, respectivamente. El efecto tóxico disminuye por debajo del 50 % con los tratamientos de concentración inferior ( $\leq 60$  mg/mL), oscilando entre  $11.0 \pm 0.84$  y  $48.0 \pm 0.67\%$  de mortalidad, donde incluso el extracto concentrado a 100 mg/mL de semillas de *M. azedarach* no rebasa el  $28.0 \pm 4.83\%$  de mortalidad. Este comportamiento se vio reflejado en los valores obtenidos para en las  $CL_{50}$ , donde se obtuvieron valores de 98.12 mg/mL para *A. indica* y 103.57 mg/mL en *S. humilis*.



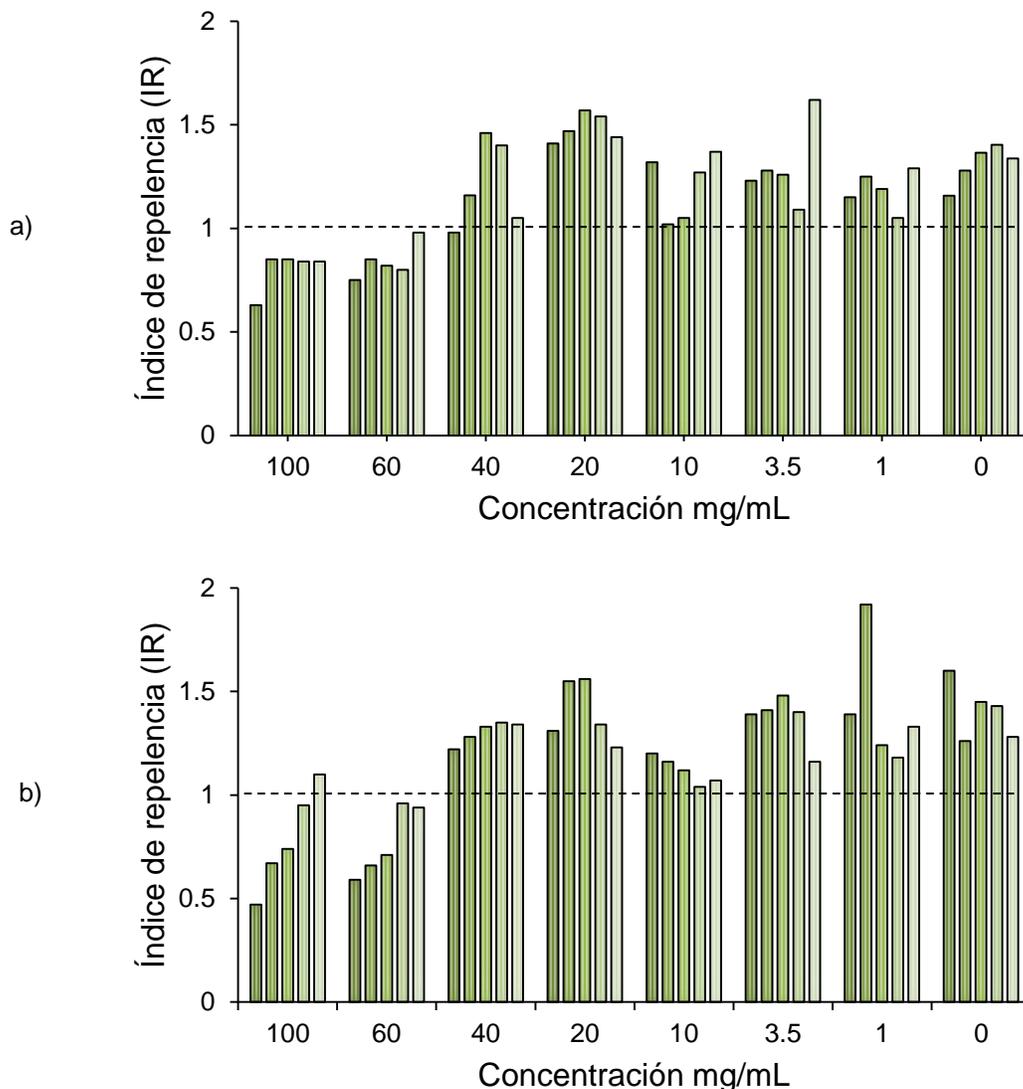
**Fig. 1.** Average mortality percentages of: a) third instar nymphs and b) adults of *D. citri* 24 h after being treated with different concentrations of ethanolic extract of *A. indica* seeds (+), *M. azedarach* (x) y *S. humilis* (Δ).

**Fig. 1.** Porcentajes de mortalidad promedio de: a) ninfas de tercer instar y b) adultos de *D. citri* a 24 h de ser tratados con distintas concentraciones de extracto etanólico de semillas de *A. indica* (+), *M. azedarach* (x) y *S. humilis* (Δ).

### 3.2. Repelencia

Se observó efecto repelente del extracto etanólico de las semillas de *A. indica* y *S. humilis* con relación a la concentración empleada y el tiempo transcurrido post aplicación del tratamiento. El extracto de *M. azedarach* mostró valores inferiores al 30% de repelencia por lo que se descartó de los análisis posteriores. En los casos positivos se registró la más alta actividad con dosis de 100 mg/mL a tres horas post aplicación de los tratamientos, con un índice de repelencia de 0.47 en *S. humilis* y 0.63 en *A. indica* (Fig. 2). Si bien el efecto repelente disminuyó conforme el paso de las horas, los

índices de repelencia se mantuvieron por debajo de la unidad hasta por 24 h en las dosis de 100 y 60 mg/mL con los extractos de semilla de *A. indica*, donde incluso la dosis de 40 mg/mL muestra repelencia (IR 0.98) a 3 h post aplicación. En el caso de *S. humilis*, este exhibió un comportamiento similar salvo en la dosis de 100 mg/mL cuyo IR a las 24 h se elevó a 1.1 convirtiéndole en atrayente. En general, ambas especies mantuvieron actividad repelente por 24 h con la concentración de 60 mg/mL; mientras que el resto de los tratamientos perdió efectividad al transcurrir el tiempo (IR>1) (Fig. 2).



**Fig. 2.** Repellency index calculated for *D. citri* adults at 3, 4, 5, 6 and 24 hours after the application of ethanolic extracts of seeds of a) *A. indica* and b) *S. humilis*. The bars in each treatment block indicate from left to right the hours evaluated. Values less than the unity indicate repellency.

**Fig. 2.** Índice de repelencia calculado para adultos de *D. citri* a 3, 4, 5, 6, y 24 h post aplicación de extractos etanólicos de semillas de a) *A. indica* y b) *S. humilis*. Las barras

en cada bloque de tratamiento indican de izquierda a derecha las horas evaluadas. Valores inferiores a la unidad indican repelencia.

Respecto a los valores calculados como concentración repelente media (CR<sub>50</sub>) se observa una mayor estabilidad de los extractos de *A. indica* al mostrar valores que oscilan entre 20.49 y 85.96 mg/mL de la 3<sup>a</sup> a la 24<sup>ava</sup> hora; mientras que los referentes a *S. humilis* van de los 23.48 hasta los 164,05 mg/mL en el mismo periodo (Tabla 1). Si bien los extractos de ambas especies expresaron respuesta similar hasta la quinta hora de evaluación, el extracto de *S. humilis* redujo su actividad de manera contundente respecto a *A. indica* toda vez que la CR<sub>50</sub> de la 6<sup>a</sup> a la 24<sup>ava</sup> hora, paso de 60.54 a 164.05 mg/mL, mientras que para *A. indica* se mantuvo entre 87.32 y 82.96 mg/mL, respectivamente. Esta amplitud entre valores de CR<sub>50</sub> para *S. humilis* manifiesta una significativa pérdida de efectividad a partir de la sexta hora, acentuándose a la hora 24 donde incluso se hace necesaria la formulación de una concentración significativamente superior (164.05 mg/mL) a la utilizada en el ensayo como la más alta dosis (100 mg/mL).

**Table 1.** Mean repellent concentration (CR<sub>50</sub>) calculated for the ethanolic extracts of *A. indica* and *S. humilis* seeds at 3, 4, 5, 6 and 24 h after application on adults of *D. citri*.

**Tabla 1.** Concentración repelente media (CR<sub>50</sub>) calculada para los extractos etanólicos de semillas de *A. indica* y *S. humilis* a las 3, 4, 5, 6 y 24 h post aplicación sobre adultos de *D. citri*.

Tiempo (h)	CR <sub>50</sub> (Intervalos de confianza)*	
	<i>Azadirachta indica</i>	<i>Swietenia humilis</i>
3	20.49 (16.08 - 25.71)	23.48 (11.62 - 45.69)
4	30.90 (17.35 - 63.60)	38.13 (19.52 - 115.59)
5	49.01 (22.63 - 385.8)	44.97 (28.91 - 86.68)
6	87.32 (35.79 - 8892)	60.54 (45.74 - 88.17)
24	82.96 (49.07 - 243.8)	164.05 (70.82 - 584.8)

\*Intervalos de Confianza a 95 %

### 3.3. Inhibición de la oviposición

La oviposición de *D. citri* sobre *M. paniculata* disminuyó significativamente entre tratamientos y testigo ( $p < 0.05$ ). Los porcentajes máximos de inhibición de oviposición (IO) se alcanzaron con la concentración máxima (100 mg/mL). Destaca el extracto etanólico de semillas de *A. indica* con  $59.68 \pm 5.5\%$  de IO, seguido por *S. humilis* y *M. azedarach* con un  $45.94 \pm 8.0$  y  $39.35 \pm 11.3\%$ , respectivamente (Tabla 2). En general, se obtuvo actividad inhibitoria mayor al 30% con la concentración de 20 mg/mL e incluso con *M. azedarach* se logró con la dosis de 3.5 mg/mL; sin embargo, aun cuando se denota efecto en el proceso de oviposición se aprecia la necesidad de un incremento en la concentración del extracto, situación evidenciada en los valores tan elevados de la concentración de inhibición de oviposición media (CIO<sub>50</sub>), donde si bien en *A. indica* se mantienen en un rango relativamente bajo (CIO<sub>50</sub>=68.02 mg/mL), lo cierto es que los obtenidos para *S. humilis* (388.84 mg/mL) y *M. azedarach* (1,103.0 mg/mL) resultan significativamente altos, limitando su aplicación práctica.

**Table 2.** Percentage inhibition of oviposition of *D. citri* over *M. paniculata* at 24 h post application of ethanolic extracts of seeds of *A. indica*, *M. azedarach* and *S. humilis*.

**Tabla 2.** Porcentaje de Inhibición de oviposición de *D. citri* sobre *M. paniculata* a las 24 h post aplicación de extractos etanólicos de semillas de *A. indica*, *M. azedarach* y *S. humilis*.

Concentración (mg/mL)	<i>A. indica</i>	<i>M. azedarach</i>	<i>S. humilis</i>
100	59.68±5.5 <sup>a</sup>	39.35±11.3 <sup>a</sup>	45.94±8.0 <sup>a</sup>
60	45.16±6.1 <sup>b</sup>	38.51±12.9 <sup>a</sup>	35.86±10.5 <sup>b</sup>
40	40.32±5.7 <sup>b</sup>	37.44±8.3 <sup>a</sup>	31.08±13.1 <sup>d</sup>
20	36.29±5.1 <sup>b</sup>	36.37±12.7 <sup>a</sup>	35.07±7.3 <sup>c</sup>
10	23.39±3.8 <sup>c</sup>	39.02±14.3 <sup>a</sup>	34.23±6.0 <sup>d</sup>
3.5	13.71±4.4 <sup>d</sup>	35.00±9.6 <sup>a</sup>	24.35±4.8 <sup>d</sup>
1	8.87±15.0 <sup>d</sup>	21.14±6.6 <sup>b</sup>	23.54±9.4 <sup>d</sup>
Testigo	0.00±0.0 <sup>e</sup>	0.00±0.0 <sup>c</sup>	0.00 <sup>e</sup>
Pr>X <sup>2</sup>	<0.0001	0.0077	0.0013
X <sup>2</sup>	35.03	19.17	21.86
CI <sub>50</sub>	68.02	1103	388.84
Límites fiduciales	48.22-107.74	153.81-101109	102.92-18575
b±s	0.79 ± 0.08	0.20 ± 0.07	0.29 ± 0.07

Los valores son expresados como medias ± error estándar. Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ( $p \leq 0.05$ ). CI<sub>50</sub>= Concentración de inhibición de oviposición media; b= Pendiente de la línea de regresión, s= Error estándar.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran una mayor tolerancia de los adultos a los extractos etanólicos en comparación con las ninfas, hallazgo que coincide con lo observado por diversos autores al evaluar bioplaguicidas a base de azadiractina (4.5%) y extractos foliares de *A. indica* sobre adultos y ninfas de *D. citri*, relacionando la toxicidad diferencial con la escasa movilidad de las ninfas, el efecto lítico sobre el exoesqueleto y la disuasión alimenticia inducida por la Azadiractina (Weathersbee & McKenzie, 2005; Fontes *et al.*, 2012; Sandoval *et al.*, 2013). A su vez, el efecto de la azadiractina está relacionado con la inhibición de la ecdisis de ninfas de insectos como *Collaria scenica* Stal, donde ha mostrado ser un disruptor del desarrollo y supervivencia ninfal (Montero *et al.*, 2012). La toxicidad diferencial de los extractos contra el psílido, se puede explicar por una diferencia en la composición y concentración de triterpenoides biológicamente activos presentes en la estructura de la planta (Zorofchian *et al.*, 2013). Aun cuando estadísticamente el efecto inducido por *M. azedarach* es menor en comparación con *A. indica* y *S. humilis*, los porcentajes de mortalidad obtenidos para adultos (77.3%) y ninfas (28.0%) en la máxima concentración permiten apreciar la acción de un componente causal de toxicidad. De acuerdo a los antecedentes, existe evidencia de la actividad tóxica de *M. azedarach* en diversas especies de insectos plaga (Chiu, 1989; Chiffelle *et al.*, 2009; Díaz & Rossini, 2011). Las diferencias con relación a su efectividad pueden estar asociadas a los métodos de extracción empleados, en

particular con una trituración deficiente de la semilla, incidiendo en la capacidad del solvente para extraer los compuestos activos (Ibáñez & Zoppolo, 2008). Aunado a esto, el estado de desarrollo de los frutos ha mostrado guardar relación con la concentración de los principales fitoquímicos. Huerta *et al.* (2008) explican cómo el estado de madurez de los frutos de *M. azedarach* incide en los porcentajes de mortalidad de *Drosophila melanogaster* Meigen, obteniendo los mejores resultados con frutos inmaduros; situación que ha de ser considerada en estudios posteriores como una variable de condición en la respuesta de *D. citri*. En general, los extractos etanólicos de *A. indica* y *S. humilis* mostraron mortalidad significativa ( $p=0.05$ ), tanto para ninfas como adultos, por lo que estas plantas pudiesen considerarse como fuente potencial de compuestos biocidas contra este insecto, principalmente en estado ninfal; sin embargo es necesario desarrollar experimentos en condiciones de campo con la finalidad de evaluar la dinámica de dichas sustancias bajo condiciones naturales. Respecto al efecto repelente se encontró un efecto positivo, el cual se encuentra relacionado con la concentración empleada y el tiempo transcurrido post tratamiento. En este sentido, Davidson *et al.* (1991) destaca como a medida que se incrementa la concentración aumenta la viscosidad del extracto, provocando que las sustancias sean retenidas mayor tiempo sobre la superficie foliar y se liberen gradualmente retrasando o evitando el tiempo de arribo de los insectos a la planta. La inestabilidad de la actividad repelente encontrada en los extractos a través del tiempo, coincide con lo reportado por otros autores en *Bemisia tabaci* Gennadius 1889 y *Trialeurodes vaporariorum* Westwood 1856 (Hemiptera: Aleyrodidae), quienes atribuyen dicho fenómeno a la descomposición rápida de los compuestos químicos por influencia de factores ambientales y biológicos, tales como rayos UV, temperatura, pH y actividad microbiana (Mulla & Su, 1999; Camarillo *et al.*, 2009; Schuster *et al.*, 2009; Mendoza *et al.*, 2014). Sin embargo, la actividad repelente de los extractos de estas y otras plantas puede recuperarse a través del tiempo, debido a los procesos temporales de saturación y desaturación, de manera inmediata o gradual, de los quimiorreceptores en el insecto (Van Lenteren & Noldus, 1990). El estudio y la formulación de una ventana de concentración es necesaria para ejercer y mantener un efecto positivo en la repelencia de *D. citri*, toda vez que dosis inferiores a las necesarias pueden ejercer un efecto contrario al deseado. De acuerdo a lo observado por Camarillo *et al.* (2009) y Mendoza *et al.* (2014) en *T. vaporariorum* al aplicar dosis bajas de aceite esencial de *Tagetes filifolia* Lag. (Asteraceae), extracto acuoso de *Taraxacum officinale* Weber (Asteraceae) y etanólico de *Raphanus raphanistrum* L. (Brassicaceae) puede presentarse un efecto atrayente y la inducción de la oviposición del insecto. Aunado a lo anterior, se observó que la aplicación de los extractos etanólicos de las tres meliáceas evaluadas inhiben de forma adecuada la oviposición de *D. citri*; sin embargo, se requieren concentraciones mínimas de 100 mg/mL para lograr un efecto significativo ( $p= 0.05$ ). La disminución de la oviposición puede estar relacionada con la capacidad del extracto para repeler al insecto o bien un efecto de toxicidad residual, presentándose una diferenciación en el número de huevos ovipositados en función de la concentración empleada. Esto coincide con lo encontrado por Weathersbee & McKenzie (2005), quienes señalan la disminución del número de huevos producidos por *D. citri* al ser tratados con un bioplaguicida a base de *A. indica*, aun cuando el producto no presente efecto repelente en el insecto. Los resultados muestran la ausencia de respuesta directa entre la concentración y los porcentajes de inhibición, lo que permite inferir que las condiciones

de aislamiento limitaron la capacidad del insecto para huir del estímulo, induciendo una rápida saturación de sus quimiorreceptores (Desneux *et al.*, 2007) y la consecuente estimulación de la oviposición. Si bien se muestra una disminución de la oviposición, es necesaria una revaloración del tiempo empleado en el desarrollo del experimento, toda vez que se pudieron apreciar algunos insectos con cierta coloración amarillenta en el abdomen, situación que de acuerdo con García *et al.* (2016) está relacionado con el comportamiento reproductivo del insecto, infiriendo en este caso una posible interrupción del tiempo necesario para llevar a cabo la oviposición, proceso que suele presentarse a 24 h de realizado el apareamiento (Wenninger & Hall, 2007). En general, los resultados revelan la actividad biológica de los extractos etanólicos de *A. indica*, *M. azedarach* y *S. humilis* como herramienta útil en el manejo bioracional de *D. citri*, para ser incorporada dentro del manejo integrado de esta plaga, puesto que no resolverán de manera unilateral este problema. Sin embargo, es recomendable evaluar la actividad biológica de los extractos considerando factores como el estado de desarrollo, concentración, composición química por estructura, métodos de extracción, condiciones ambientales, forma en que los insectos son expuestos a los productos, y compatibilidad con enemigos naturales y otras alternativas de manejo, con el fin de valorar su potencial real en la integración de una estrategia de manejo regional de *D. citri*.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero otorgado durante los estudios de posgrado en el programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Así también, al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por las facilidades otorgadas en la realización de los experimentos correspondientes.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Bové J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*. 88(1): 7-37. DOI: [10.2307/ 41998278](https://doi.org/10.2307/41998278)
- Cabrera C. R. I., González F. C. G., Hernández E. D., Rodríguez T. J. L., Ferrer G. J. & Herrera B. N. 2010. Evaluación de los aceites minerales Sigatoka y Rocio Spray en el control de *Diaphorina citri* Kuw. *Revista CitriFrut*. 27: 23-27. URL: [http://www.actaf.co.cu/revistas/revista\\_citrifruta/Citrus%201%202010/RCA4\\_27\\_1%202010.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus%201%202010/RCA4_27_1%202010.pdf)
- Camarillo R. G., Ortega A. L. D., Serrato M. A. & Rodríguez H. C. 2009. Actividad biológica de *Tagetes filifolia* (Asteraceae) en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 35(2): 177-184. URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n2/v35n2a12.pdf>

Carpinella M. C., Defago M. T., Valladares G. & Palacios S. M. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoids from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(2): 369-374. DOI: [10.1021/jf025811w](https://doi.org/10.1021/jf025811w)

Celis A., Mendoza C., Pachón M., Cardona J., Delgado W. & Cuca L. E. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 26(1): 97-106. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314729012>

Chiffelle G. I., Huerta A. F. & Lizana R, D. 2009. Physical and chemical characterization of *Melia azedarach* L. fruit and leaf for use as botanical insecticide. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 69(1): 38-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392009000100005>.

Chiu S. F. 1989. Recent advances in research on botanical insecticides in China. *Insecticides of Plant Origin*. 387: 69–77. DOI: [10.1021/bk-1989-0387.ch006](https://doi.org/10.1021/bk-1989-0387.ch006)

Cortez M. E., López A. J. I., Valenzuela E. F. A., Ortíz O. A. & Pérez M. J. 2019. Efecto de aspersiones regionales de insecticidas en poblaciones de *Diaphorina citri* Kuwayama, en limón persa en Sinaloa, México. *Entomología agrícola*. 6: 222-228. URL: <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2019/EA/EA%20222228.pdf>

Davidson N. A., Dibble J. E., Flint M. L., Marer P. J. & Guye A. 1991. Managing insects and mites with spray oils. University of California. USA. pp 47.

Desneux N., Decourtye A. & Delpuech J. M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52(1): 81-106. DOI: [10.1146/annurev.ento.52.110405.091440](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440)

Devine G. J., Eza D., Oigusuku E. & Furlong M. J. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 25(1): 74-100. URL: [http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n1/a11v2\\_5n1.pdf](http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n1/a11v2_5n1.pdf).

Díaz M. & Rossini C. 2011. Triterpenoides de frutos de *Melia azedarach*: su potencial como agentes de control de insectos. *Innotec*. 6: 56-59. URL: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/136/91>

Fontes P. A. A., Fu C. A. A. & López A. J. I. 2012. Eficacia de productos orgánicos foliares para el control de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *BIOtecnica*. 14(2): 26-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.18633/bt.v14i2.120>

García Y., Ramos Y. P., Sotelo P. A. & Kondo T. 2016. Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 42(1): 36-42. DOI: [10.25100/socolen.v42i1.6667](https://doi.org/10.25100/socolen.v42i1.6667)

González C. J., Contreras B. Y. & Sánchez G. J. A. 2016. Reúso óptimo de *Murraya paniculata* para la producción masiva de *Diaphorina citri* y su parasitoide *Tamarixia radiata*. *Southwestern Entomologists*. 41(2): 533-540. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.041.0221>

Hall D. G. & Nguyen, R. 2010. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. *BioControl*. 55(5): 601–611. DOI [10.1007/s10526-010-9283-0](https://doi.org/10.1007/s10526-010-9283-0)

Hernández F. L. M., Urías L. M. A., Gómez J. R., López A. J. I., Velázquez M. J. J. & Orozco S. M. 2014. El Huanglongbing y su vector *Diaphorina citri* en limón persa en Nayarit: Recomendaciones para su manejo. Libro técnico No. 3, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. pp 82.

Hosseinzadeh S., Ramsey J., Mann M., Bennett L., Hunter W.B., Shams-Bakhsh M., Hall D. G. & Heck M. 2019. Color morphology of *Diaphorina citri* influences interactions with its bacterial endosymbionts and ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’. *PLoS ONE*. 14(5): 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216599>

Huerta A., Chieffelle I., Lizana D. & Araya J. E. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Melia azedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*. 34: 425-432. URL: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/120365>

Ibáñez F. & Zoppolo R. 2008. Manejo de plagas en agricultura orgánica: extractos de “Paraíso” para control de insectos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Boletín de Divulgación No. 94. URL: <http://www.rapaluruquay.org/organicos/articulos/Paraíso%20insecticida.pdf>

Iqbal J., Hussain H. N., Latif M., Baig M. B., Owayss A. A., Raweh H. S. & Alqarni A. S. 2020. A field study investigating the insecticidal efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama on Kinnow mandarin, *Citrus reticulata* Blanco trees. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 27(5): 1237-1241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.006>

Jiménez A., Mata R., Pereda M. R., Calderón J., Isman M. B., Nicol R. & Arnason J. T. 1997. Insecticidal limonoids from *Swietenia humilis* and *Cedrela salvadorensis*. *Journal of Chemical Ecology*. 23(5): 1225–1234. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:JOEC.0000006460.25281.9d>

Jiménez A., Villarreal C., Toscano R. A., Cook M., Arnason J. T., Bye R. & Mata R. 1998. Limonoids from *Swietenia humilis* and *Guarea grandiflora* (Meliaceae). *Phytochemistry*. 49(7): 1981-1988. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(98\)00364-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(98)00364-1)

Khan I., Zahid M. & Khan G. Z. 2012. Toxicity of botanic and synthetic pesticide residues to Citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama and *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Pakistan Journal of Zoology*. 44(1): 197-201.

- Li X. 1999. Recent studies on insecticidal activities of limonoids from meliaceous plants. *Entomología SINICA*. 6(3): 283-288. DOI: [10.1111/j.1744-7917.1999.tb00124.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.1999.tb00124.x)
- Lin H., Kogan M. & Fischer D. 1990. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. *Environmental Entomology*. 19(6): 1852-1857. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/19.6.1852>
- Mann R. S., Tiwari S., Smoot J. M., Rouseff R. L. & Stelinski, L. L. 2012. Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Applied Entomology*. 136(1-2): 87-96. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01592.x>
- Mendoza G. E. E., Ortega A. L. D., Pérez P. R. & Rodríguez H. C. 2014. Repellency, toxicity, and oviposition inhibition of vegetable extracts against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 74(1): 41-48. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100007>
- Montero V. D. A., Naranjo N. & Van Strahlen M. A. 2012. Efecto insecticida del extracto de semillas de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre *Collaria scenica* Stal (Hemiptera: Miridae). *EntomoBrasilis*. 5(2): 125-129. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v5i2.224>
- Monzó C. & Stansly P. A. 2019. Economic value of conservation biological control for management of the Asian citrus psyllid, vector of citrus Huanglongbing disease. *Pest Management Science*. 76:1691-1698. DOI: [Doi.10.1002/ps.5691](https://doi.org/10.1002/ps.5691)
- Morgan E. D. 2009. Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 17: 4096-4105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.11.081>
- Mulla M. S. & Su T. 1999. Activity of biological effects of neem products against arthropods of medical and veterinary importance. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 15(2): 133-152. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10412110>
- Naeem A., Freed S., Jin F. L., Akmal M. & Mehmood M. 2016. *Crop Protection*. 86: 62-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.010>
- Prabhaker N., Castle S. J., Byrne F. J., Henneberry T. J. & Toscano N. C. 2006. Establishment of baseline susceptibility data to various insecticides for glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca coagulata* Say (Homoptera: Cicadellidae) by comparative bioassay techniques. *Journal Economic of Entomology*. 99(1): 141-154. DOI: [10.1603/0022-0493\(2006\)099\[0141:EOB SDT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2006)099[0141:EOB SDT]2.0.CO;2)

Roy A. & Rizvi P. Q. 2020. Bio-efficacy of Certain Chemicals against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Current Journal of Applied Science and Technology. 39(3): 95-102. DOI: [10.9734/CJAST/2020/v39i330519](https://doi.org/10.9734/CJAST/2020/v39i330519)

Salcedo D., Hinojosa R., Mora G., Covarrubias I., De Paolis F., Cintora C. & Mora S. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. México: IICA, pp 44.

Sandoval R. F., Arriaga G. M. L., Hernández L. L., Hernández R. I. & Guzmán, G. F. I. 2013. Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica* A. Juss sobre la *Diaphorina citri*. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. 9(1): 22-29. URL: <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/208>

Sas Institute. 2002. The SAS System SAS Institute 2002 for Windows. Versión 9.2.

Schuster D. J., Thompson S., Ortega A. L. D. & Polston J. E. 2009. Laboratory evaluation of products to reduce settling of sweetpotato whitefly adults. Journal of Economic Entomology. 102(4): 1482-1489. DOI: <https://doi.org/10.1603/029.102.0412>.

Senthil N. S. 2013. Physiological and biochemical effect of neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against Lepidopteran insects. Frontiers in Physiology. 359(4): 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00359>

Singh N. V. & Yadav G. S. 2018. Bio-ecology and management of Citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama on Citrus – A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7(4): 3091-3107. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.351>

Tang T., Zhao M., Wang P., Huang S. & Fu W. 2020. Control efficacy and joint toxicity of thiamethoxam mixed with spirotetramat against the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. Pest Management Science. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6004>

Tiwari S., Mann R. S., Rogers M. E. & Stelinski, L. L. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. Pest Management Science 67(10): 1258-1268. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2181>

Van Lenteren J. C. & Noldus L. P. J. J. 1990. Whitefly-Plant Relationships: Behavioral and Ecological Aspects. In: Gerling, D., Ed., *Whitefly: Their Bionomics, Pest Status and Management*, Intercept, Andover. pp. 47-89. URL: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/12132>

Vergara R., Escobar C. & Galeano P. 1997. Potencial insecticida de extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae). Actividad biológica y efectos sobre *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 50(2): 97-129. URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28796>

Weathersbee III A. A. & Mckenzie C. L. 2005. Effect of neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). Florida Entomologist. 88(4): 401-407. DOI: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)88\[401:EOANBO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)88[401:EOANBO]2.0.CO;2)

Wenninger E. J. y Hall D. G. 2007. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Florida entomologist. 90(4): 715-722. DOI: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[715:DTOMAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[715:DTOMAA]2.0.CO;2)

Yang Y., Huang M. C., Beattie G. A., Xia Y., Ouyang G. & Xiong J. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. International Journal of Pest Management. 52(4): 343-352. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670870600872994>

Zorofchian S. Z., Goh B. H., Chan C. K., Shabab T. & Kadir H. A. 2013. Biological activities and phytochemicals of *Swietenia macrophylla* King. Molecules. 18(9): 10465-10483. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules180910465>