

Artículo Original

Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle)

Low environmental impact insecticides for the control of *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) in Mexican lemon (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle)

José Mario Miranda-Ramírez¹ , Catarino Perales-Segovia² , Mario Alberto Miranda-Salcedo^{3*} 
y Diana Miranda-Medina¹ 

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán (ITSA), Michoacán, México, C. P. 60710. E-mails: jose@itsa.edu.mx, diana.miranda.medina.24@gmail.com. ²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano (ITEL), Aguascalientes, México, C. P. 20330. E-mail: cperales55@hotmail.com. ³INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán, México, C. P. 60781. ✉ *miranda.marioalberto@inifap.gob.mx

ZooBank: urn:lsid:zoobank.org:pub:AD47B710-C90F-48BE-98FD-DB9F522E0C2A
<https://doi.org/10.35249/rche.47.4.21.09>

Resumen. Se evaluaron insecticidas comerciales de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* en el cultivo de limón mexicano en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con doce tratamientos (insecticidas) y diez repeticiones, la unidad experimental fue un árbol. La técnica para la recolección de datos en campo fue el “muestreo por golpeteo”. La toma de datos se realizó en pre-muestreo como punto de inicio y comparación y después se llevaron a cabo los muestreos a los 3, 6, 12, 20, 26, 35 y 41 días. Para el análisis de datos se empleó la prueba Post Hoc de homogeneidad de datos de las varianzas, ANDEVA y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$). Se observó que el Tolfenpyrad, mantuvo una efectividad constante durante todos los muestreos, al reducir la población de psíldos en un 95,65 %. El Pyrifluquinazon al inicio disminuyó de 4,9 en pre muestro a 0,6 psíldos a los 3 días después de la aplicación, equivalente a un 87,75% de reducción. El Fenpyroximato, mostró ser un insecticida eficaz, al presentar un rango de reducción de la población de psíldos de 40,32 a 83,87% en todos los muestreos. Se concluye que, el Tolfenpyrad y el Fenpyroximato son moléculas químicas de nueva generación que evidencian una mortalidad de adultos del psílido alta, por lo que son una alternativa viable para el manejo de la plaga en la región del Valle de Apatzingán, Michoacán.

Palabras clave: Bio-racionalidad; población de insectos; psílido asiático.

Abstract. Low environmental impact commercial insecticides were evaluated for the control of *Diaphorina citri* in the Mexican lemon crop in the Apatzingán Valley, Michoacán, Mexico. A completely randomized design was used with twelve treatments (insecticides) and ten repetitions, the experimental unit was a tree. The technique for collecting data in the field was “tapping sampling”. The data collection was carried out in pre-sampling as a starting point and comparison and afterwards the samplings were carried out at 3, 6, 12, 20, 26, 35 and 41 days. For data analysis, the Post Hoc test of data homogeneity of the variances, ANOVA and the Tukey mean comparison test ($P \leq 0.05$) were used. It was observed that the Tolfenpyrad, maintained a constant effectiveness

Recibido 28 Septiembre 2021 / Aceptado 29 Octubre 2021 / Publicado online 10 Diciembre 2021
Editor Responsable: José Mondaca E.

during all the samplings, reducing the population of psyllids by 95.65%. Pyrifluquinazon at baseline decreased from 4.9 at pre-sampling to 0.6 psyllids at 3 days after application, equivalent to an 87.75% reduction. Fenpyroximate, showed to be an effective insecticide, presenting a range of reduction of the population of psyllids from 40.32 to 83.87% in all samplings. It is concluded that Tolfenpyrad and Fenpyroximate are new generation chemical molecules that show high adult mortality of the psyllid, which is why they are a viable alternative for the management of the plague in the Apatzingán Valley region, Michoacán.

Key words: Asian psyllid; bio-rationality; insect population.

Introducción

De acuerdo con la FAO (2021), en el mundo se producen alrededor de 20,04 millones de toneladas anuales de limas y limones. Los cinco principales países productores son India, México, China, Argentina y Brasil con 3,48, 2,70, 2,48, 1,98 y 1,51 millones de toneladas anuales, respectivamente. En México la mayor parte de la producción de lima mexicana (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) se concentra en el Valle de Apatzingán, en Michoacán, con una superficie establecida de 60.069 hectáreas, y una producción de 1,22 millones de toneladas anuales, que representan una derrama económica de USD \$ 328,21 millones de dólares anuales (SIAP 2021), aunque extraoficialmente se estima una superficie aproximada de 120 mil hectáreas, que dan sustento económico a más de 10 mil familias en el estado.

Durante el proceso de producción se presentan diferentes plagas como trips, ácaros y diaphorina que atacan al follaje, flor y frutos del limón, ocasionando deterioro en la calidad del producto, pérdida parcial de la producción y en los escenarios más severos, una producción sin valor económico. En el caso de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), este psílido produce dos tipos de daño, el primero es directo, ocasionado por las ninfas o adultos que al alimentarse de las hojas y peciolo extraen grandes cantidades de la savia, y excretan una mielecilla que favorece el desarrollo de fumagina, que cubre las hojas de los árboles, así como también inyectan una toxina que detiene el crecimiento terminal y causa malformación de las hojas y brotes, lo que impide el crecimiento normal de la planta. El segundo tipo de daño es indirecto, este psílido es el trasmisor de una de las enfermedades más devastadoras de los cítricos el “Huanglongbing” (HLB) *Candidatus liberibacter* spp. (Bové 2006; Wang 2020), que es una proteobacteria del tipo Gram-negativa que se restringe al floema de las plantas hospedantes. Esta enfermedad afecta todas las variedades comerciales de cítricos (Robles *et al.* 2014), a la fecha no se conoce una cura para los árboles infectados y poco tiempo después de la infección se vuelven decadentes e improductivos, para finalmente causarles la muerte.

De acuerdo con Miranda *et al.* (2020) esta enfermedad, se reportó por primera vez en Michoacán en 2006 y para diciembre de 2010 se detectaron las primeras plantas enfermas por HLB. Desde entonces, se incrementaron de 20 a alrededor de 40 por año las aplicaciones químicas, para el control de diferentes plagas y enfermedades, lo que ocasionó el resurgimiento de plagas secundarias (*i.e.*, trips, escamas, arañas rojas, minador de la hoja, mosca prieta, mosca blanca, etc.). Este exceso de aplicaciones trajo como consecuencia el uso de diferentes insecticidas como piretroides, neonicotinoides, organofosforados, etc. con un alto impacto en el ambiente, haciendo más difícil el control de este psílido y al mismo tiempo se generó un incremento de los costos de producción.

Miranda *et al.* (2020) evaluaron productos artesanales de extractos naturales de arvenses y productos comerciales. Encontraron que los tratamientos que redujeron la infestación de adultos fueron los extractos comerciales de ajo + manzanilla y ruda (Biocrack® de Berni Labs) en dosis de 5 ml/l de agua y el de cítricos + queratina (Fractal® de Berni Labs) en dosis de

4 ml/l de agua, y uno de los extractos no comercial con base en *Reseda luteola* L. en dosis 4 ml/l, en comparación con el spirotetramat (testigo químico regional) en dosis de 0,75 ml/l de agua. Concluyendo que los extractos vegetales son una alternativa para el control de *D. citri* y afectan menos a los enemigos naturales y a los polinizadores.

Por otra parte, en Brasil Vechia *et al.* (2018) evaluaron las mezclas de insecticidas y acaricidas en el control de *D. citri* en naranja dulce (*Citrus sinensis* L.), considerando tres insecticidas y un acaricida: 1) Lambda-cyhalothrin + Thiamethoxam [3,7 g i.a. por 100 litros - Engeo Pleno® SC; Syngenta, Inglaterra]; 2) Fosmet [175 g i.a. por 100 litros - Imidan® 50 WP; Cross Link, Brasil]; 3) Imidacloprid [4 g i.a. por 100 litros - Provado® 20 SC; Bayer CropScience AG, Alemania]; 4) Spirodiclofeno [6 g i.a. por 100 litros - Envidor® 24 SC; Bayer CropScience AG, Alemania]; 5) Spirodiclofeno [6 g i.a. por 100 litros] + Lambda-cyhalothrin + Thiamethoxam [3,7 g i.a. por 100 litros]; 6) Spirodiclofeno [6 g i.a. por 100 litros] + Fosmet [175 g i.a. por 100 litros]; 7) Spirodiclofeno [6 g i.a. por 100 litros] + Imidacloprid [4 g i.a. por 100 litros] y encontraron que la mezcla Spirodiclofen + Lambda Cyhalothrin + Thiamethoxam alcanzaron índices de mortalidad del 97,5% a las 24 horas y 98,57% a las 48 horas. La mezcla Spirodiclofen + Imidacloprid alcanzó un índice de mortalidad de 99,97% a las 24 horas y 99,92% a las 48 horas. Concluyeron que la adición de Spirodiclofeno a los insecticidas Lambda-Cyhalothrin + Thiamethoxam y fosmet no causó interferencia en el control; sin embargo, afectó la eficiencia del imidacloprid.

Chen y Stelinski (2017), evaluaron el efecto en el desarrollo de la resistencia a plaguicidas en la rotación de insecticidas comerciales para el control de *D. citri*. Los insecticidas fueron: 1) Dimetoato, 2) Imidacloprid, 3) Diflubenzuron, 4) Abamectina + Thiamethoxam y 5) Fenpropathrin en diferentes dosis. Concluyeron que la rotación de los plaguicidas mostró niveles moderados de resistencia del insecto al dimetoato y que la falta de rotación de insecticidas en el manejo de *D. citri* puede causar poblaciones localizadas resistentes a los insecticidas.

Con la evaluación en campo de los insecticidas comerciales de bajo impacto ambiental y los extractos vegetales para el control de *D. citri* en limón mexicano, es posible disminuir el umbral de daño y obtener una alternativa viable para un mejor manejo de la plaga y la conservación de la fauna benéfica.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar insecticidas comerciales de bajo impacto ambiental, para el control de *Diaphorina citri* en el cultivo de limón mexicano para el Valle de Apatzingán, Michoacán, México.

Materiales y Métodos

Localización del experimento. El estudio se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental del Valle de Apatzingán (CEVA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el km 17, carretera Apatzingán-Cuatro Caminos municipio de Parácuaro Michoacán, a los 19°00'44,10" N, 102°13'38,57" O, 346 msnm.

Caracterización fenológica del cultivo. El huerto se caracteriza por tener una superficie de 3 ha con árboles en desarrollo de tres años, escasa floración, sin fructificación, pocos brotes tiernos y condiciones de vigor similares.

Tratamientos y diseño experimental. Se evaluaron doce tratamientos incluyendo el testigo absoluto y el testigo comercial regional: 1) Tolfenpyrad [1,25 ml/l - Hachi-Hachi®; Nichino, México]; 2) Pyrifluquinazon [0,58 ml/l - Piriflu®; Nichino, México]; 3) Aceite de ajo (*Allium sativum* L.) al 95% [2,0 ml/l - Garlic®; Biotech, México]; 4) Extracto acuoso de ajo (*Allium sativum*) al 87%, extracto acuoso de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) y ruda (*Ruta graveolens* L.) al 10% [2 ml/l - Biocrack®; Berni Labs, México]; 5) Neem al 95% [2 ml/l -

Neemtech®; Biotech, México]; 6) Fenpyroximato [1,25 ml/l - Portal®; Nichino, México]; 7) Extracto de cítricos al 10% [2 ml/l - Fractal®; Berni Labs, México]; 8) Spirotetramat al 15,3% [0,31 ml/l - Movento® 150 OD; Bayer Corp Science, México] (testigo comercial de la región); 9) Aceite de ricino (*Ricinus communis* L.) al 95% [2 ml/l - Higuerrilla; Biotech, México]; 10) aceite de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) al 18%, aceite de ricino (*Ricinus communis*) al 18%, aceite de gobernadora (*Larrea tridentata* (Sessé & Moc ex DC.) Coville) al 18%, aceite de canela (*Cinnamomun zaylanicum*) al 18%, aceite de ajo (*Allium sativum*) al 18%, aceite de mostaza (*Sinapis alba* L.) al 18% [2 ml/l - Killer Plus®; Biotech, México]; 11) Spinosina vegetal- Spinosad 62,50 gr/l [2 ml/l – Lifetech S60, Biotech, México]; y 12) Agua. Se utilizó adherente a base de alcohol graso etoxilado al 20,2% [1 ml/l - Inex A®, Cosmolcel, México] en los 11 tratamientos con excepción del último. El criterio de selección de los tratamientos fue diseñado sobre un efecto reducido en la salud humana y animal, la biodiversidad y medio ambiente; lo que se percibe como bajo impacto ambiental.

La aplicación de los tratamientos se realizó a un mismo tiempo con aspersiones dirigidas al follaje de los árboles. Se emplearon tres bombas de mochila manual marca Swissmex, modelo Lola 20, con una capacidad de 20 litros de agua y boquillas de alto volumen marca Swissmex, modelo Solo 501, previamente calibradas y lavadas.

El diseño utilizado fue completamente al azar, con doce tratamientos, y diez repeticiones, la unidad experimental fue un árbol. Para el análisis estadístico se realizó la prueba Post Hoc de homogeneidad de datos de las varianzas, ANDEVA y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$), mediante el paquete estadístico TIBCO Inc. (2017) STATISTICA versión 13.2.

Técnica e instrumentos para la recolección de datos de campo. La técnica utilizada para el registro de la infestación del insecto plaga en campo fue la de “muestreo por golpeteo”; los materiales empleados fueron una tabla de madera de 38 x 21 cm forrada con papel “Contac” de color azul, y un asa de madera de 30 cm de longitud y 3 cm de diámetro. Se seleccionó una rama lateral por árbol a una altura de 1,50 m aproximadamente y con el asa de madera se dieron tres golpes ligeros para que los insectos cayeran en la tabla y al momento se contabilizaran los adultos de diaphorina y registrar los datos de captura. Primero se hizo un muestreo previo como punto de inicio del estudio y comparación. Después de la aplicación de los tratamientos, se realizaron muestreos a los 3, 6, 12, 20, 26, 35 y 41 días.

Resultados y Discusión

Los resultados en la homogeneidad de las varianzas de los datos muestran una leve dispersión asimétrica hacia la derecha, en las observaciones realizadas en todos los muestreos para la variable número de diaphorinas, mostró una distribución normal, que garantiza la confiabilidad del muestreo (Fig. 1).

El análisis de varianza mostró una diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la mayoría de los muestreos, excepto el muestreo a los 20 días después de la aplicación (dda) (Tab. 1).

Los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey, mostró que el efecto del Tolfenpyrad se mantuvo constante durante todas las fechas de muestreo; a los tres y seis días después de la aplicación (dda) fue diferente a los demás insecticidas, ya que redujo la población de la diaphorina en un 95,65 % mostrando residualidad hasta los 26 dda (Tab. 2). Esto coincide con Iqbal *et al.* (2020) que, en Faisalabad, Pakistán reportaron una mayor reducción porcentual en la población de psílidos en mandarina kinnow (*Citrus reticulata* Blanco) a los tres días posteriores a la aplicación de los insecticidas, con los valores de reducción más altos en Tiametoxam (50,89%), Imidacloprid (44,27%) y Bifentrina (42,94%). Por otro lado, Miranda (2018) reportó un efecto de control máximo del 100% de los insecticidas aceite parafínico y

Cipermetrina para este psílido en limón mexicano se registró a los 5 dda en el municipio de Buenavista, Michoacán, México.

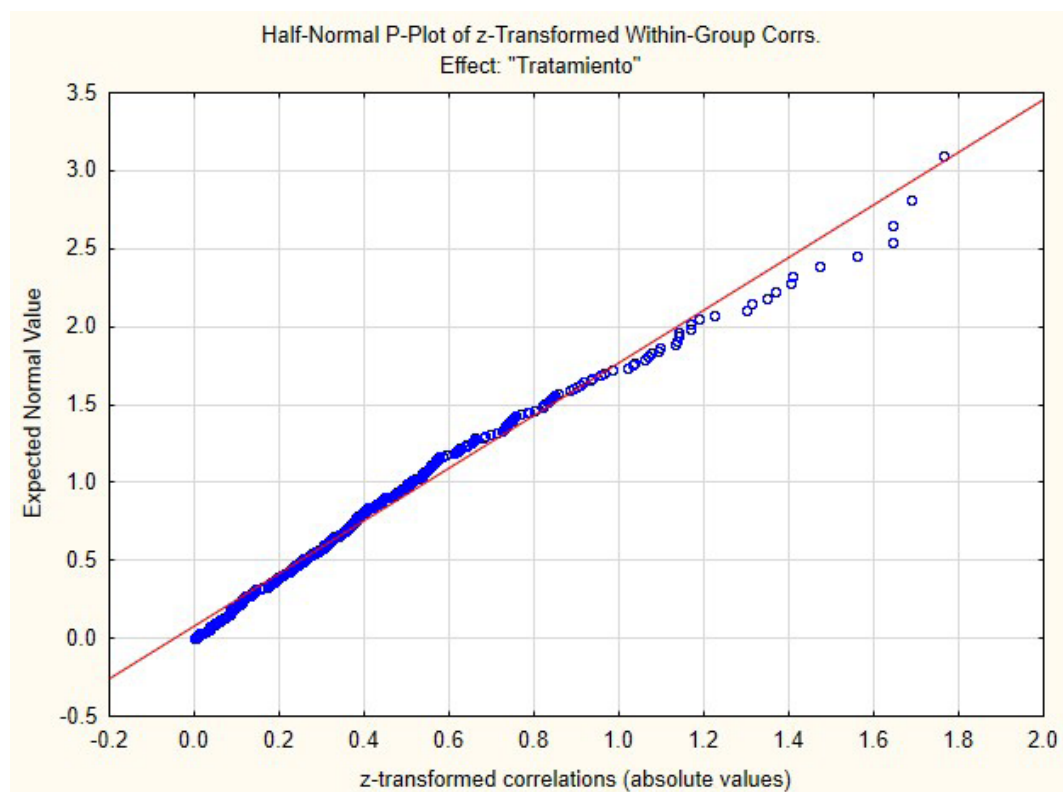


Figura 1. Homogeneidad de varianzas de los datos de infestación. / Homogeneity of variances of the infestation data.

Tabla 1. Análisis de Levene's ($P \leq 0,05$) para la variable número de psílidos previo a la aplicación y posteriormente a los 3, 6, 12, 20, 26, 35 y 41 días. / Levene's analysis ($p \leq 0.05$) for the variable number of psilids prior to application and after 3, 6, 12, 20, 26, 35 and 41 days.

Variable	CM Efecto	CM Error	F Levene	gl	Valor p
Muestreo previo	40,89581	10,34775	3,952147	11,107	0,000080
3 dda	33,51567	6,86628	4,881197	11,107	0,000004
6 dda	21,40346	5,79729	3,691975	11,107	0,000181
12 dda	45,66240	5,63022	8,110239	11,107	0,000000
20 dda	1,90115	1,40550	1,352646	11,107	0,206280 n.s.
26 dda	13,97676	6,16303	2,267838	11,107	0,015817
35 dda	18,18587	9,00714	2,019051	11,107	0,033288
41dda	7,48867	3,14854	2,378459	11,107	0,11288

ns: no significativo ($p \leq 0,05$) / ns: not significant ($P \leq 0.05$).

CM= cuadrado medio / MS= mean square.

gl= grados libertad / df= degrees of freedom

El Pirifluquinazon a los 3 dda disminuyó la población de psílicos en un 87,75%, seguido a los 6 dda se observó todo lo contrario, un efecto nulo en la mortalidad de 0%; probablemente debido a que alrededor existen otros huertos de limón mexicano con presencia de psílicos que pudieron emigrar hacia el experimento. Asimismo, a los 12, 20, 35 y 41 dda se observó una disminución en la población de un 6,12, 77,55, 32,65 y 22,44%, respectivamente.

El aceite de ajo a los 3 y 6 dda redujo la población en un 51,96 y 62,99%, mostrando una persistencia hasta los 41 dda de un 78,74% en la mortalidad de los psílicos (Tab. 2). Por su parte, Cazares *et al.* (2014) evaluaron la efectividad de aplicación de insecticidas elaborados artesanalmente a base de diferentes especies: neem (*Azadirachta indica* A. Juss), orégano (*Lippia graveolens* Kunth), guayaba (*Psidium* sp.), mandarina cleopatra (*Citrus reshni* Hort. ex Tan.) y ajo (*Allium sativum* L.) para el manejo de *D. citri* en naranjo agrío y reportaron que los mejores productos para repelencia y mortalidad a las 24 horas fueron el aceite esencial de orégano al 2 y 4% con un 82,87 y 73,5% y a las 48 horas el extracto crudo de ajo con 65,62%. Mann *et al.* (2010) señalan, que *D. citri* se basa en el olfato y la visión para detectar señales del huésped. Sin embargo, aseguran que ciertos productos volátiles y aceites esenciales derivados de plantas repelen a varias especies de artrópodos, en el caso del aceite de ajo es altamente tóxico para este psílido con un modo de acción por contacto.

El Fenpyroximato, se mostró como un insecticida eficaz y presentó un rango de reducción de la población de insectos de 40,32 a 83,87% con relación a la mortalidad diaphorina en todos los muestreos. Al inicio presentó una disminución en el porcentaje de la población de 66,12, 61,29, 70,96 y 80,60% a los 3, 6, 12 y 20 dda respectivamente, lo que evidenció un poder residual de 20 días. Posteriormente a los 26, 35, y 41 dda se observó un porcentaje de mortalidad de 40,32, 33,87 y 61,29% respectivamente.

El extracto de cítricos a los 3 dda presentó un porcentaje de mortalidad en los insectos de 7,05%, seguido a los 6 dda se observó una mortalidad de 0% y posteriormente alcanzó su mayor porcentaje a los 20 dda con un 84,70%, por último, a los 35 y 41 dda los porcentajes observados fueron de 69,41 y 68,23% respectivamente. En relación con este extracto, S Wuryantini *et al.* (2020), en Indonesia reportó un valor diferente en el porcentaje de mortalidad del psílido de 30% a los 6 dda en *Murralla paniculata* (L.) Jack. Al respecto Nascimento *et al.* (2008) señalan que la utilización de extractos vegetales, como insecticida alternativo, es una forma de proveer un control sin generar los problemas provocados por los insecticidas químicos, como desequilibrios ambientales, surgimiento de insectos resistentes y dejar residuos tóxicos.

El insecticida Spirotetramat no tuvo eficiencia en la disminución de la infestación, sino todo lo contrario, se observó nulidad en la población de los insectos a los 3, 6, 12, 26, 35 y 41 dda con un porcentaje de control de 0%. Los mayores efectos se observaron a los 20 dda con una disminución de un 36,96%. (Tab. 2). Por otro lado, Campos *et al.* (2016) en Guajira, Colombia, encontraron una mortalidad superior al 95% de los insecticidas con características letales similares para *D. citri* a las del Spirotetramat (sistémico y de contacto) como Dimetoato (sistémico y contacto), Spinetoram (sistémico y contacto) y Cipermetrina (contacto).

En el Aceite de neem + aceite de ricino + aceite de gobernadora + aceite de canela + aceite de ajo + aceite de mostaza, se observó nulidad 0% en el control de la población de los psílicos a los 3, 6 y 12 dda. Seguido a los 20 dda mostró tener una mortalidad de los insectos de un 71,43%. Se considera que los compuestos de los extractos de vegetales contra los insectos se pudieron manifestar de diferentes maneras, como inhibición del crecimiento, la supresión del comportamiento reproductivo o la reducción de la fecundidad y no en la mortalidad como se registró en el presente experimento.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre *Diaphorina citri* Tukey ($p < 0,05$)*. / Effect of treatments on *Diaphorina citri* Tukey ($P < 0.05$)*.

Tratamiento	Muestreo previo	Días después de la aplicación						
		3	6	12	20	26	35	41
T1	2,3 a	0,1 c	0,1 b	0,8 c	0,7 a	0,9 a	7,8 a	2,9 a
T2	4,9 a	0,6 abc	7,2 ac	4,6 abc	1,1 a	6,3 abc	3,3 a	3,8 a
T3	12,7 b	6,1 abc	4,7 ab	8,1 ab	2,9 a	5,3 abc	3,8 a	2,7 a
T4	7,9 a	6,8 abc	7,9 ac	8 ab	1,5 a	8 c	4,2 a	2,3 a
T5	4,1 a	3,9 abc	4,2 ab	2,8 abc	0,8 a	3,5 abc	7,3 a	5,4 a
T6	6,2 a	2,1 ac	2,4 ab	1,8 ac	1 a	3,7 abc	4,1 a	2,4 a
T7	8,5 a	7,9 ab	11,1 c	9,3 b	1,3 a	6,8 ab	2,6 a	2,7 a
T8	2,11 a	5 abc	5 abc	4,8 abc	1,33 a	5,55 abc	4,22 a	2,4 a
T9	5,9 a	8,4 ab	6,9 ac	5,3 abc	1,2 a	4,8 abc	4,6 a	4,5 a
T10	4,2 a	7,9 ab	5,7 abc	7 abc	1,2 a	5,8 abc	7,5 a	5,0 a
T11	3,2 a	3,7 abc	4 ab	3,7 abc	1,5 a	1,9 ab	5,7 a	2,9 a
T12	4,3 a	9,9 b	5,2 abc	8,3 ab	0,9 a	5,5 abc	5,5 a	4,0 a

T1) Tolfenpyrad – 1,25 ml/l; T2) Pyrifluquinazon – 0,58 ml/l; T3) Aceite de ajo – 2,0 ml/l; T4) Extracto de ajo + extracto de manzanilla y ruda - 2 ml/l; T5) Aceite de neem - 2 ml/l; T6) Fenpyroximato 1,25 ml/l; T7) Extracto de cítricos 2 ml/l; T8) Spirotetramat – 0,31 ml/l; T9) Aceite de ricino - 2 ml/l; T10) Neem + aceite de ricino + aceite de gobernadora + aceite de canela + aceite de ajo + aceite de mostaza - 2 ml/l; T11) Spinosina vegetal - 2 ml/l y T12) Agua.

* Medias con distinta letra en la columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$).

El muestreo realizado a los 20 días posteriores a la aplicación evidenció un comportamiento similar de la infestación de psílicos en todos los tratamientos, corroborando así la efectividad de los insecticidas en un rango de los valores medios que va de 0,7 a 2,9 con una variación de $\pm 1,824$ (Tab. 2, Fig. 2). Sin embargo, esto contrasta con la mayoría de los citricultores en la región del Valle de Apatzingán, Michoacán, quienes realizan aspersiones de insecticidas de síntesis química de amplio espectro para el control de *D. citri* con intervalos de 8 a 10 días, sin corroborar la necesidad de realizar una nueva aplicación basada en un muestreo previo. Al respecto, Miranda *et al.* (2020) señalan que el número de aplicaciones por año en el Valle de Apatzingán, Michoacán es de alrededor de 40, lo que muy probablemente pueda ocasionar la aparición de resistencia del psílido a los insecticidas de amplio espectro de diferentes grupos toxicológicos.

El muestreo realizado a los 41 días mostró un rango infestación de 2,3 a 5,0 psílicos con una variación de $\pm 3,0364$ con el efecto de los insecticidas no significativo (Tab. 2, Fig. 2). Es de llamar la atención que en el caso de los tratamientos Tolfenpyrad (2,9), aceite de ajo (2,7), extracto acuoso de ajo + extracto acuoso de manzanilla + ruda (2,3), Fenpyroximato (2,4), Spirotetramat (2,4) y Spinosina vegetal (2,9) presentaron valores medios en la población por debajo de 3 diaphorinas, que corroboró la efectividad del tratamiento en la mortalidad del psílido y la eficiencia de los productos evaluados. Un punto a considerar es que la mayoría de los citricultores realizan las aplicaciones de insecticidas por calendario, no tienen datos

del muestreo ni del umbral de daño económico de la plaga (4 adultos/trampa), lo que ocasiona un exceso de aplicaciones de insecticidas (Miranda 2019; Miranda *et al.* 2020).

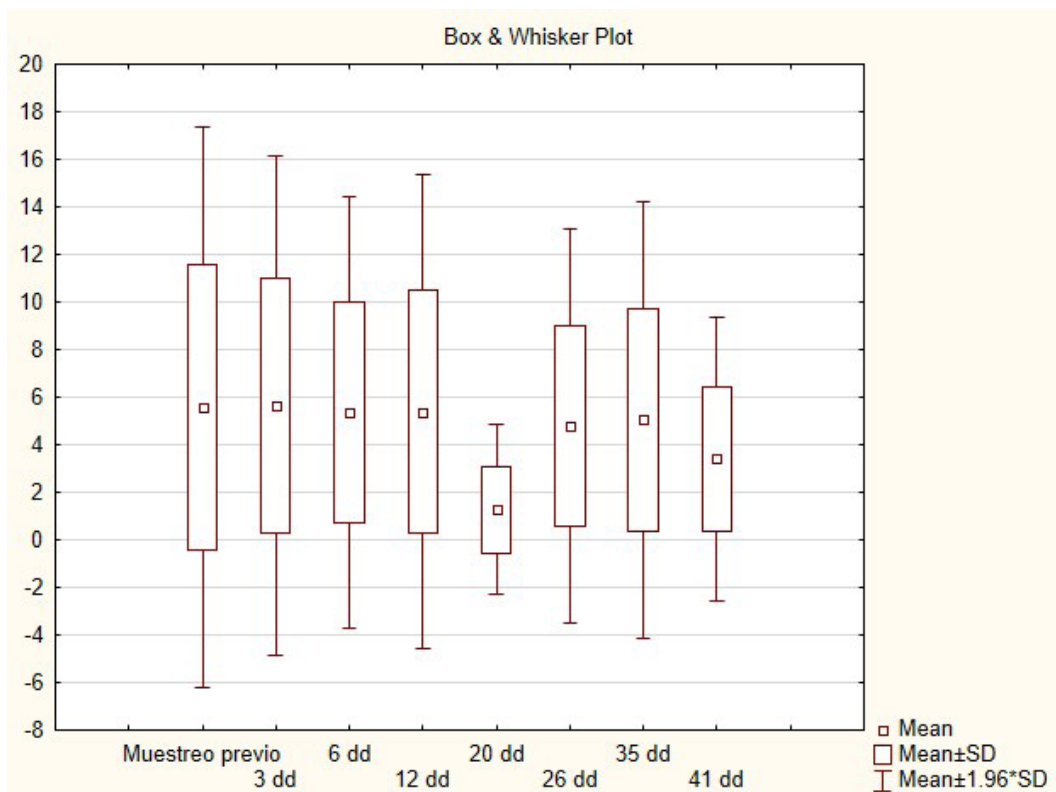


Figura 2. Comparación de la eficiencia de los tratamientos en las diferentes fechas de muestreo. / Comparison of the efficiency of the treatments in the different sampling dates.

Conclusiones

Los mejores insecticidas fueron Tolfenpyrad, Pirifluquinazon y Fenpyroximato, ya que lograron reducir en campo en más de un 87% la infestación de *Diaphorina citri*.

El insecticida con base en extracto ajo mostró ser eficiente tanto como repelente como insecticida, al ocasionar mortalidad de *D. citri* en un 78,74% a los 41 días, a pesar de ser comparado con otros insecticidas de última generación no fitotóxicos (aceite de neem + aceite de ricino + aceite de gobernadora + aceite de canela + aceite de ajo + aceite de mostaza) que mostraron baja mortalidad.

Tolfenpyrad, Pirifluquinazon, y Fenpyroximato son moléculas químicas de nueva generación que evidenciaron una mortalidad de insectos alta por lo que pueden ser una alternativa viable para el manejo de la plaga en la región del Valle de Apatzingán, Michoacán, México.

Es recomendable realizar una rotación de insecticidas y tomar como umbral económico un número superior a cinco psíldos por muestreo por árbol, para hacer una aplicación de cualquier insecticida. Asimismo, otro factor a considerar son el número e intervalos de muestreo.

Se recomienda realizar una evaluación de los principales enemigos naturales de *D. citri* y evaluar en campo extractos vegetales comerciales y no comerciales, para generar una alternativa de manejo de la plaga más sustentable y menos agresiva para la fauna benéfica.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México el apoyo económico brindado para la realización de esta investigación por medio del proyecto 239n7e (10853) "Programa de manejo de plagas de limón mexicano en el Valle de Apatzingán".

Literatura Citada

- Bové, J.M. (2006)** Invited review. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1): 7-37. <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v88i1.828>
- Campos, P.Y., Colorado, L.I. y Kondo, R.D.T. (2016)** Eficacia de algunos productos químicos y extractos vegetales sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). [poster conferencia]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Guajira, Colombia. Disponible en: <https://agriperfiles.agri-d.net/display/n236741>
- Cazares, N.P., Verde, M.J., López, J.I. y Almeida, I.H. (2014)** Evaluación de diferentes extractos vegetales contra el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1): 67-73.
- Chen, X.D. y Stelinski, L.L. (2017)** Resistance management for Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida. *Insects*, 8(103): 1-10. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5620723/>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2021)** Cultivos. FAO, Roma, ITA. Consultado el 28 de julio de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Iqbal, J., Nasser, H., Latif, M., Barjees, M., Owayss, A., Raweh, H. y Alqarni, A. (2020)** A field study investigating the insecticidal efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama on Kinnow mandarin, *Citrus reticulata* Blanco tres. *Saudi Journal Biological Sciences*, 27(5): 1237-1241. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.006>
- Mann, R.S., Tiwari, S., Smoot, J.M., Rouseff, R.L. y Stelenski, L.L. (2010)** Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *Journal Applied Entomology*, 136: 87-96. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01592.x>
- Miranda, M.A. (2018)** Manejo en áreas regionales de control de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en Michoacán. *Entomología Mexicana*, 5: 342-377.
- Miranda, M.A. (2019)** Manejo agroecológico de plagas de los cítricos en el Valle de Apatzingán. En: Memoria XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Veracruz, México. pp. 37-49.
- Miranda, M.A., Perales, C., Cortés, E. y Miranda, J.M. (2020)** Manejo agroecológico de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano, en Michoacán. *Revista Entomología Mexicana*, 7: 176-186.
- Nascimento, F.J., Diniz Filho, E.T., de Mesquita, L.X., de Oliveira, A.M. y Costa Pereira, T.F. (2008)** Extratos vegetais no controle de pragas. *Revista Verde*, 3(3): 1-5.
- Robles, M.M., Orozco, M., Manzanilla, M.A. y Velázquez, J.J. (2014)** Huanglongbing (HLB). En: M. Orozco-Santos, M.M., Robles-González, J.J., Velázquez-Monreal, M.A., Manzanilla-Ramírez, M. de J. Bermúdez-Guzmán (eds.). El Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*). Editorial SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Tecomán Colima, México. pp. 231-268.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2021)** Anuario estadístico de la producción agrícola 2020 en México. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Desarrollo Rural, México, D.F. Consultado el 28 de julio de 2021. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

- TIBCO Inc. (2017)** STATISTICA data analysis software system, Version 13.3 for Windows, TIBCO Inc, Tulsa, OK, USA. Consultado el 7 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.tibco.com/products/data-science>
- Vechia, J.F.D., Junior de Andrade, D., de Acevedo, R.G. y Ferreira, M. da C. (2018)** Effects of insecticide and acaricide mixtures on *Diaphorina citri* control. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1): 1-7. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019076>
- Wang, N. (2020)** A perspective of citrus Huanglongbing in the context of the Mediterranean Basin. *Journal of Plant Pathology*, 102: 635-640. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00555-w>
- Wuryantini, S., Harwanto, H. y Yudistira, R.A. (2020)** The toxicity of the extract of tobacco leaf *Nicotiana tabacum* L, marigold leaf *Tithonia diversifolia* (HAMSLEY) and citrus japonsche citroen peel *Citrus limonia* against citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama), the vector of citrus HLB disease. The 3rd International Conference on Biosciences, 2020, Bogor, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 457(012039): 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012039>