

## RESPUESTA TEMPORAL DE *Diaphorina citri* EN LIMÓN MEXICANO ANTE DOSIFICACIÓN DE MOLÉCULAS DE NUEVA GENERACIÓN

### TEMPORARY RESPONSE OF *Diaphorina citri* IN MEXICAN LEMON TO THE DOSAGE OF NEW GENERATION MOLECULES

Juan Carlos Álvarez Hernández<sup>1\*</sup>; Mario Alberto Miranda Salcedo<sup>1</sup>;  
José Concepción García Preciado<sup>2</sup>; Miguel Ángel Manzanilla Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Apatzingán. Km. 17.5 Carretera Apatzingán Cuatro Caminos, Antúnez, Parácuaro, Michoacán, México. C. P. 60781.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Tecomán. Km 35 Carretera Colima Manzanillo, Tecomán, Colima, México.

C. P. 28930. \*Autor responsable: [alvarez.juan@inifap.gob.mx](mailto:alvarez.juan@inifap.gob.mx)

Artículo científico

Recibido: nov 2023; aceptado 17 dic 2023

#### RESUMEN

En México, la citricultura es una actividad de gran importancia económica y social, pero también, presenta problemas fitosanitarios complejos, como el psílido asiático (*Diaphorina citri*), vector de la bacteria (*Candidatus Liberibacter asiaticus*). En limón mexicano, la etapa vegetativa es la preferida por este insecto, cuyo riesgo es la trasmisión de la bacteria al sistema vascular, lo que deriva en daños irreversibles, ocasionando 100% de infección de los huertos y reducen los rendimientos de fruta hasta en 50%. Ante esto, se han empleado estrategias de manejo integrado, como el control biológico y cultural, además del control químico, alternativa utilizada como prioritaria. Sin embargo, el uso indiscriminado de moléculas de amplio espectro, han generado resistencias. Las moléculas de última generación, son una alternativa para el control de la plaga. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis y moléculas en el manejo *D. citri*. Se realizaron dos evaluaciones en un módulo experimental de limón. Con las moléculas Tolfenpyrad, Pyrufluquinazon, Spirotetramat, Fenpyroximato y testigos, se conformaron dos matrices de tratamientos. La primera evaluación duro 50 días y en la segunda evaluación se hicieron dos aplicaciones, y duro 41 días. La variable registrada fue el número de adultos del psílido en diferentes días de muestreo. Los análisis de varianza realizados en ambas evaluaciones mostraron diferencias estadísticas, destacan los tratamientos con Tolfenpyrad, que fueron los de menor incidencia. Se concluye que, además del Tolfenpyrad las moléculas probadas, evidenciaron un efecto reductivo en diferentes intensidades del psílido, por lo que pueden ser una alternativa para el manejo de la plaga en la región del Valle de Apatzingán, Michoacán, México.

**Palabras clave:** *Citrus aurantifolia*, huanglongbing, HLB, insecticidas, manejo de plaga, psílido asiático de los cítricos.

#### ABSTRACT

In Mexico, citrus farming is an activity of great economic and social importance, but it also presents complex phytosanitary problems, such as the Asian psyllid (*Diaphorina citri*), vector of the bacteria (*Candidatus Liberibacter asiaticus*). In Mexican lemon, vegetative flows are the preferred stages for this insect, the risk of which is the transmission of the bacteria to the vascular system, which results in irreversible damage. Given this, integrated management strategies have been used, such as biological and cultural control, as well as chemical control, an alternative used as a priority. However, the indiscriminate use of broad-spectrum molecules has generated resistance. The latest generation molecules are an alternative for pest control. The objective of this work was to evaluate the effect of different doses and molecules on the management of *D. citri*. Two evaluations were carried out in a lemon experimental module. Two evaluations were carried out in a lemon experimental module. With the molecules Tolfenpyrad, Pyrufluquinazon, Spirotetramat, Fenpyroximate and controls, two treatment matrices were formed. The first evaluation lasted 50 days and in the second evaluation two applications were made, and it lasted 41 days. The variable recorded was the number of psyllid adults in teeth on sampling days. The variance analyzes carried out in both evaluations showed differences, highlighting the treatments corresponding to the Tolfenpyrad molecule, which were the ones with the lowest incidence. It is concluded that, in addition to Tolfenpyrad, the molecules tested showed a reductive effect in different intensities against the psyllid, so they can be added as an alternative for the management of the pest in the region of the Apatzingan Valley, Michoacan, Mexico.

**Key Words:** *Citrus aurantifolia*, citrus huanglongbing, HLB, insecticides, pest management, Asian citrus psyllid.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en 2021, de 128 países enlistados que producen cítricos en el mundo, México ocupó el segundo lugar en superficie cosechada con 195,619 ha, solo después de India que reportó 327,000 ha. En el mismo orden, la producción obtenida fue de 2,983,802 ton y 3,548,000 ton, respectivamente; pero en rendimiento México se posicionó en el lugar 39 con 15.25 ton/ha (FAOSTAT, 2023). A nivel nacional en 2022, veintiocho estados fueron participes en la superficie cosechada de limón con 199,650 ha y produjeron 3,071,969.97 ton. Particularmente, Michoacán ocupó el primer lugar con 54,157 ha cosechadas y produjo 856,738 ton, distribuidas en 32 municipios, pero los que producen limón en mayor superficie se concentran en el Valle de Apatzingán. Estos son: Buenavista 18,357 ha y 286,259 ton; Apatzingán 12,236 ha y 193,591; Mújica 6,524 ha y 107,565 ton; Parácuaro 6,036 ha y 95,385 ton; Tepalcatepec 5,666 ha y 87,309 ton; La Huacana 2,345 ha y 27,297 ton; y Aguililla 1,916 ha y 48,091 ton (SIAP-SADER, 2023).

Considerada la citricultura una actividad económica de importancia para México (Valencia y Duana, 2019), esta no es ajena a diversos problemas fitosanitarios, entre estos, el psilido asiático de los cítricos o PAC (*Diaphorina citri*), por tratarse del vector del Huanglongbing o HLB [(*Candidatus Liberibacter asiaticus*) o CaLas], considerado el principal problema que amenaza la citricultura mexicana (Orozco-Santos *et al.*, 2023), cuya producción se encuentra en riesgo latente de afectación (Díaz-Padilla *et al.*, 2014). Por ello, anualmente se implementan estrategias y acciones coordinadas entre el gobierno y la sociedad civil dedicadas a esta actividad, a través de los organismos auxiliares de Sanidad Vegetal, a fin de mantener las poblaciones de esta plaga lo más bajo posible (Flores-Ramírez *et al.*, 2017; SENASICA, 2020).

Como en todos los cítricos, el limón mexicano presenta flujos vegetativos alternados con flujos florales. Particularmente, las emisiones de brotes vegetativos ocurren de manera natural influenciadas por el ambiente; y de manera inducida a través de prácticas agronómicas como las podas y riegos. Estos flujos de brotación, son etapas preferidas por *Diaphorina citri* (Ortega-Arenas *et al.*, 2013), ya que, el insecto desarrolla todas sus fases biológicas sobre las hojas recién emergidas, alterando su desarrollo, pero el mayor riesgo ocurre, cuando este insecto contiene a la bacteria CaLas, que, al alimentarse de la savia, ésta puede introducirse al sistema vascular, generando una serie de síntomas irreversibles en las plantas (Camacho-Tapia *et al.*, 2016). Las plantas afectadas se convierten en puntos de dispersión a través del mismo insecto a otras plantas sanas. Aunado a ello, colateralmente, las poblaciones de psíidos en las hojas liberan abundante excreción de azúcares que cubren la superficie de las hojas, que sirve de sustrato para el crecimiento de hongos saprofitos productores de fumagina (Pérez-Artiles *et al.*, 2017).

Las estrategias para el manejo de *Diaphorina citri* incluyen el control biológico y el control cultural que en conjunto consiguen un manejo sustentable de la plaga, cuyo propósito es la reducción de la incidencia de CaLas (Qureshi y Stansly, 2009); en las zonas citricolas de nuestro país, pocos son los avances en la implementación de estas estrategias. Algunas medidas adoptadas son la eliminación de plantas enfermas, reconversión de plantas certificadas y el control del vector a nivel regional, este último se hace a través del control químico, utilizando insecticidas de amplio espectro como los piretroides, organofosforados y neonicotinoides (Ruiz-Galván *et al.*, 2015; Hernández-Fuentes *et al.*, 2012), lo anterior con consecuencia en el ambiente y desarrollo de resistencia a las moléculas (Zamora-Juárez *et al.*, 2021). Una alternativa a esta problemática es el uso de insecticidas de nueva generación, basada en la estrategia IRAC (2022), que sugiere la identificación y rotación de moléculas poco usadas, así como de productos biorracionales que representan la oportunidad para realizar evaluaciones dirigidas a su selección efectiva (Pérez-Zarate *et al.*, 2016), para el manejo regional del psílido. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis y moléculas químicas en el manejo del psílido en limón mexicano, bajo las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán, en Michoacán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos evaluaciones de moléculas asperjadas al follaje en un lote de limón mexicano establecido en el Campo Experimental Valle de Apatzingán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en Antúnez municipio de Parácuaro Michoacán, México (19°00'44,10" N, 102°13'38,57" O) y 346 msnm. El clima predominante del área es el denominado BS<sub>1</sub>, del grupo de climas secos (Köppen, modificado por García, 2004); y el suelo corresponde al tipo vertisol pelico (INEGI, 2016). La vegetación circundante al área de estudio, está representada por los tipos vegetativos primarios de selva baja caducifolia, etapas secundarias de sucesión natural (diferentes grados de regeneración después de eliminada), de porte arbustivo de 4 a 8 m de altura y arbóreo de 8 a 12 m de altura (García y Linares, 2012).

Para determinar la respuesta de *Diaphorina citri* en limón mexicano, los ingredientes activos seleccionados, según la clasificación IRAC (2022), fueron: Tolfenpyrad (Grupo 21 - Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I; Subgrupo 21A - Acaricidas e Insecticidas METI); Pyrufluquinazon (Grupo 9 - Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonales; Subgrupo 9B - Derivados de piridina azometina); Spirotetramat (Grupo 23 - Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa; Subgrupo 23 - Derivados del ácido tetrónico y tetrámico); y Fenpyroximato (Grupo 21 - Inhibidores del transporte de electrones en el complejo

mitocondrial I; Subgrupo 21A - Acaricidas e Insecticidas METI). Con estas moléculas más los testigos absolutos, se formaron dos matrices que integraron a los tratamientos para el manejo de *Diaphorina citri*. En el manejo de los tratamientos, se realizaron aspersiones foliares de la solución preparada con la molécula del químico/agua + adherente Inex A<sup>®</sup>, Cosmocel, México (1 ml L<sup>-1</sup> agua), las aplicaciones se hicieron con una mochila aspersora manual (Swissmex<sup>®</sup>) cuyo gasto de la solución vertida por árbol contenía hasta un máximo aproximado de un litro. Ambas evaluaciones iniciaron en el segundo trimestre de 2022. La primera evaluación se formó de ocho tratamientos; y la segunda evaluación se integró de nueve tratamientos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Matriz de tratamientos probados en la primera y segunda evaluación para el manejo de *Diaphorina citri*.

No	Tratamiento (1ra evaluación)	Tratamiento (2da evaluación)
1	Testigo	Testigo
2	Tolfenpyrad 0.94 ml/L agua	Tolfenpyrad 1.25 ml/L agua
3	Tolfenpyrad 1.25 ml/L agua	Tolfenpyrad 1.9 ml/L agua
4	Tolfenpyrad 1.9 ml/L agua	Tolfenpyrad 2.5 ml/L agua
5	Pyrufluquinazon 0.29 ml /L agua	Fenpyroximato 1.25 ml /L agua
6	Pyrifluquinazon 0.44 ml/L agua	Fenpyroximato 1.9 ml/L agua
7	Pyrifluquinazon 0.58 ml/L agua	Fenpyroximato 2.5 ml/L agua
8	Spirotetramat 0.31 ml/L agua	Pyrifluquinazon 0.58 ml/L agua
9	-----	Spirotetramat 0.31 ml/L agua

Cada tratamiento constó de diez repeticiones (10 árboles), en cada tratamiento los árboles se distribuyeron en hileras independientes. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar. La primera evaluación duró 50 días, desde el día -1 (antes de la aplicación) hasta el día 49 (posterior a la aplicación), las observaciones se registraron los días 1, 6, 13, 21, 27, 31, 44 y 49 posterior a la aplicación. La segunda evaluación duró 41 días, desde el día -1 (antes de la aplicación) hasta el día 12, y se repitió un refuerzo de aplicación con los mismos tratamientos y dosis a partir del día 13 (día 1 refuerzo), y hasta el día 41 (día 28 refuerzo), por tanto, las observaciones se registraron a los días 1, 3, 6, 12, 1 (13), 6 (19), 12 (25), 21 (34) y 28 (41). Los muestreos previos y post-aplicación se hicieron con la técnica del “golpeteo”, que consistió en seleccionar una rama en cada uno de los 10 árboles, a una altura de 1.5 m, y con un palo redondo de 30 cm de longitud y 3 cm de diámetro se dieron tres golpes, de modo que los especímenes que caían sobre la tabla de madera color azul limpia de aditivos de 38 x 21 cm, fueron cuantificados y registrados como datos de captura, siendo esta la variable de respuesta que midió el número de adultos de *Diaphorina citri*.

Los datos fueron verificados mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas previo al análisis estadístico, asimismo, se realizaron análisis previa transformación de los datos a log (x+1) y procesados mediante un análisis de varianza (ANAVA) bajo un diseño en bloques repetidos en el tiempo (Brinkman y Gardner 2001), en donde las repeticiones fueron

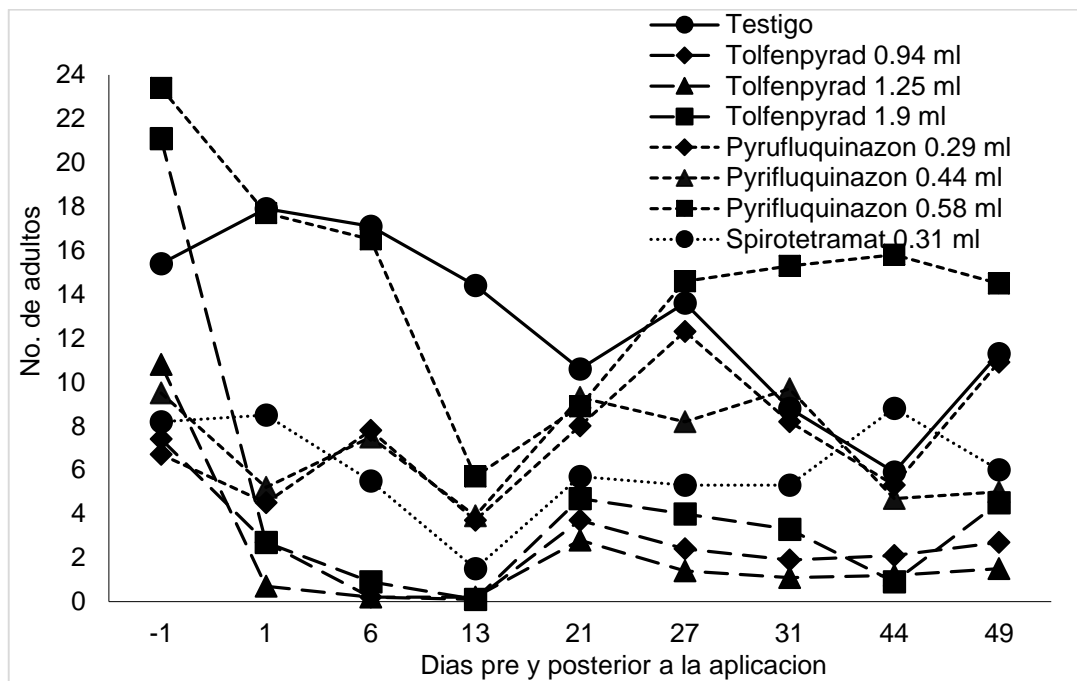
las fechas de muestreo. Para todos los casos se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System 9.4 (SAS Institute, 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos evaluados para el manejo del adulto de *Diaphorina citri* se muestran por separado los resultados de cada evaluación.

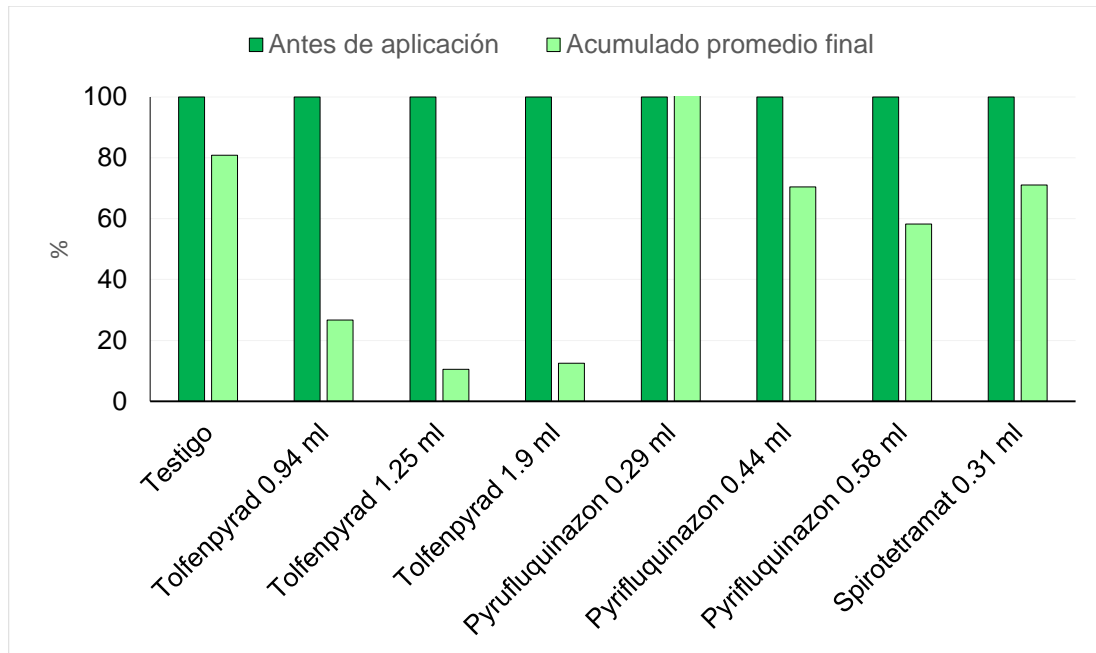
### Primera evaluación

El registro de adultos antes de la aplicación de los tratamientos evaluados (-1 día) parte de valores altos en todos los tratamientos, tomando en cuenta que tres ninfas y cinco adultos por rama son suficientes para considerar una alta población del psílido. Posteriormente a partir de la aplicación (día 1 hasta el día 49), la cantidad de adultos se redujo, aunque en diferentes intensidades en todos los tratamientos. Como se observa, los tratamientos Testigo y Tolfenpyrad (0.94 ml) se mantuvieron con mayor cantidad de *Diaphorina citri* en contraste con el resto de tratamientos; también, es importante señalar que entre el día 21 y 27, todas las dinámicas de presencia del psílido por tratamientos, comienzan a incrementar, lo que se atribuye a la pérdida del efecto de moléculas (Figura 1).



**Figura 1.** Dinámica poblacional del adulto de *Diaphorina citri* en limón mexicano pre y posterior a la aplicación de diferentes tratamientos de manejo. Primera evaluación.

Los tratamientos con mayor efectividad en el periodo observado (49 días después de la aplicación), fueron los correspondientes a la molécula Tolfenpyrad en sus tres dosis probadas, cuyos valores se mantuvieron por debajo del 25% de presencia del insecto, superando a los otros tratamientos, incluido el testigo (Figura 2).



**Figura 2.** Valor porcentual acumulado del efecto de los tratamientos sobre *Diaphorina citri* en limón mexicano pre y posterior a la aplicación. Primera evaluación.

Por otra parte, el análisis de varianza aplicado a los tratamientos evaluados, presentó diferencias estadísticas significativas, los tratamientos Tolfenpyrad en sus tres dosis, fueron los más sobresalientes, incluido el testigo, ya que presentaron la menor incidencia de *D. citri* en el conjunto de muestreos durante el periodo de observación. Contrariamente a lo anterior, los tratamientos que mantuvieron mayor incidencia de *D. citri* posterior a la aplicación fueron los tratamientos Testigo y Pyrifluquinazon (0.58 ml), cuyos valores estuvieron por encima de los 10 adultos por planta (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Resultados de la incidencia del adulto de *Diaphorina citri* en limón mexicano después de aplicación de diferentes tratamientos de manejo. Primera evaluación.

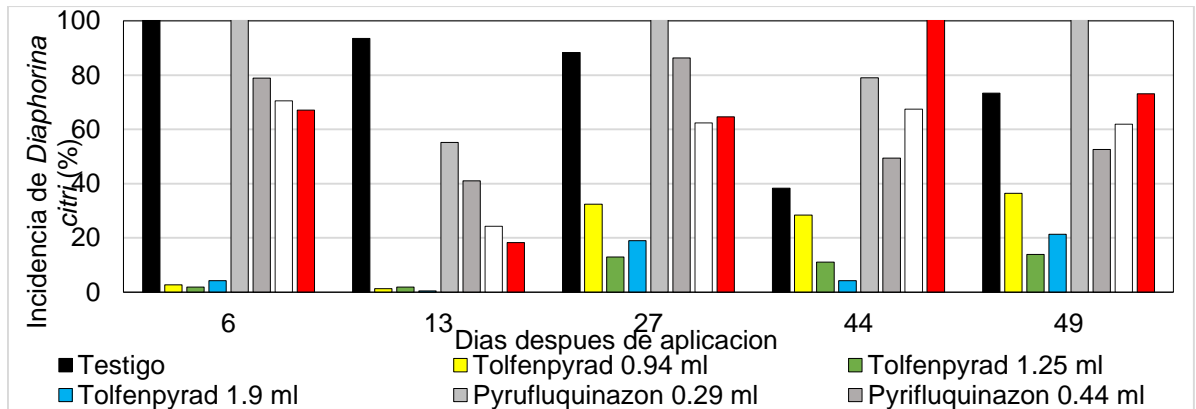
Tratamiento	Adultos
Testigo	12.45 ± 4.09 <sup>†</sup> ab
Tolfenpyrad 0.94 ml	1.97 ± 1.24 d
Tolfenpyrad 1.25 ml	1.13 ± 0.83 d
Tolfenpyrad 1.9 ml	2.63 ± 1.79 d
Pyrufluquinazon 0.29 ml	7.58 ± 3.01 bc
Pyrifluquinazon 0.44 ml	6.68 ± 2.25 c
Pyrifluquinazon 0.58 ml	13.62 ± 4.12 a
Spirotetramat 0.31 ml	5.82 ± 2.24 c
Media general	6.49
<i>P</i>	0.0001
C. V.	19.55
D.S.M.	4.01

<sup>†</sup> Medias ±  
estándar  
misma letra  
columnas no

desviación  
seguidas de la  
dentro de  
difieren

estadísticamente (Tukey, 0.05). Los datos corresponden al número de adultos por unidad de muestreo promedio ( $n=10$ ).

En el registro de los 6 y 13 días después de la aplicación, presentaron menos del 5% de incidencia de *D. citri*, comparado con el resto de tratamientos, incluso en días posteriores (27, 44 y 49), esta tendencia se mantuvo. Lo anterior pudo deberse a la efectividad de la molécula sobre el insecto, comparativamente con los tratamientos testigo y los tratamientos Pyrifluquinazon en sus tres dosis, y Spirotetramat (0.31 ml), la efectividad de estos últimos fue baja (Figura 3).

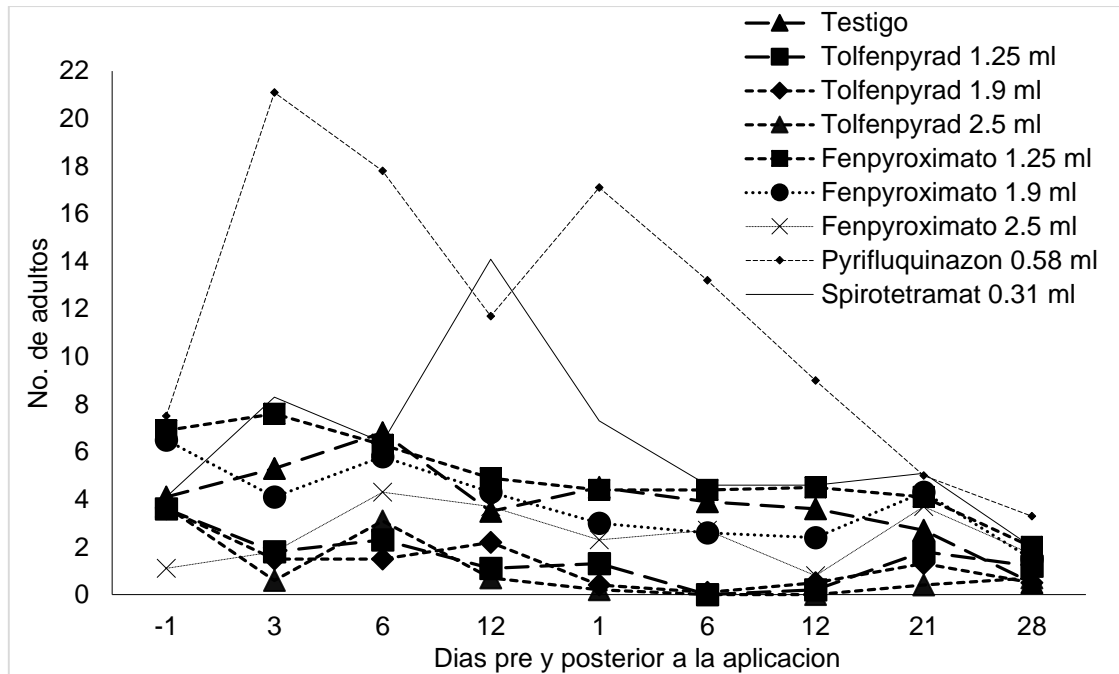


**Figura 3.** Efecto temporal de diferentes tratamientos de manejo de *Diaphorina citri* en limón mexicano. Primera evaluación.

Segunda evaluación.

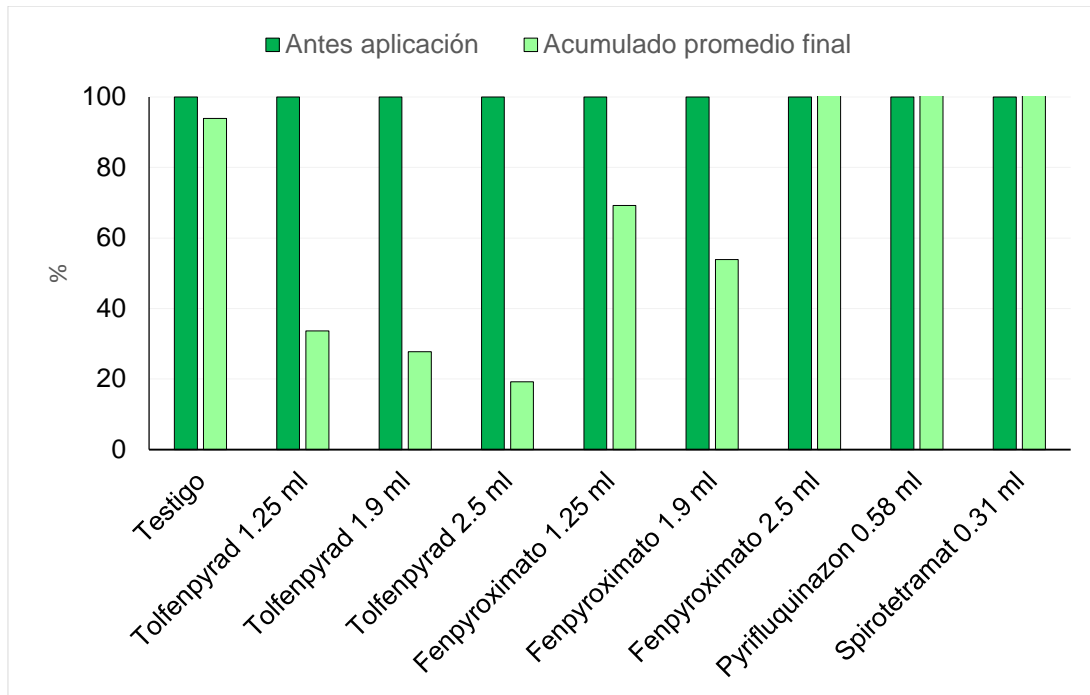
En la segunda evaluación, donde incluyeron otras moléculas y dosis, además, se consideró el reforzamiento de una segunda aplicación después de 12 días posterior a la primera aplicación. Como se aprecia en la Figura 4, la dinámica seguida por adulto de *Diaphorina citri*, ante los tratamientos probados siguen tendencias variadas. A partir del punto de partida (día -1), los valores fueron bajos entre uno y siete adultos, posterior a la aplicación, la mayoría de los tratamientos mantuvieron una tendencia en su comportamiento cercanos, cuyos valores se se redujeron ligeramente, a excepción de los tratamientos Pyrifluquinazon (0.58 ml) y Spirotetramat (0.31 ml), los cuales presentaron picos notorios, superiores a 12 insectos en algunos muestreos posterior a la aplicación. El reforzamiento de una segunda aplicación que se dio a los tratamientos, al parecer, el efecto fue mínimo, ya que continúan las incidencias bajas (Figura 4).





**Figura 4.** Dinámica poblacional del adulto de *Diaphorina citri* en limón mexicano pre y posterior a la aplicación de diferentes tratamientos de manejo. Segunda evaluación.

Los tratamientos más notorios por su baja incidencia, fue la molécula Tolfenpyrad en sus tres dosis probadas, cuyos valores se mantuvieron por debajo del 30% de presencia del insecto como respuesta al incremento gradual de las dosis. En el resto de tratamientos incluso el testigo, no se percibe una respuesta clara, esto debido quizás a la incidencia de flujos estables (Figura 5).



**Figura 5.** Valor acumulado porcentual del efecto de los tratamientos sobre *Diaphorina citri* en limón mexicano pre y posterior a la aplicación. Segunda evaluación.

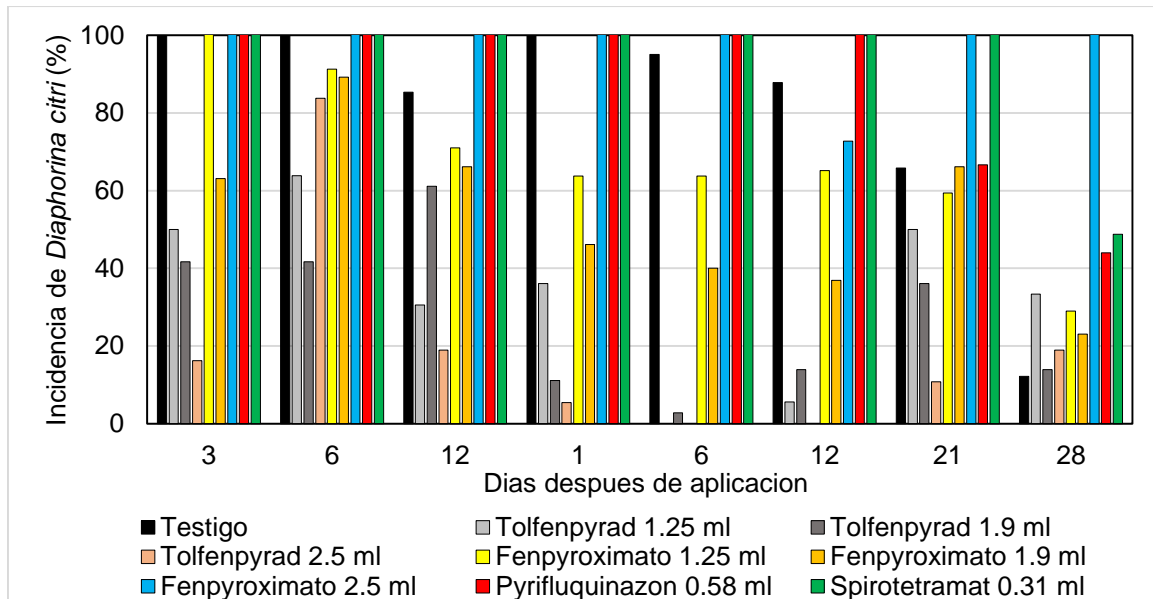
Con relación al resultado los análisis estadísticos, y ante la adecuación de tratamientos y reforzamiento en la primera aplicación (lapso transcurrido de 12 días) y segunda aplicación (lapso transcurrido de 28 días), los análisis de varianza presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3). Como se observa, los tratamientos Tolfenpyrad en sus tres dosis, estadísticamente presentaron mayor efectividad ante *D. citri* posterior a aplicación, ya que los valores fueron los más bajos. En cambio, el tratamiento testigo y los tratamientos Pyrifluquinazon (0.58 ml agua) y Spirotetramat (0.31 m agua) fueron los tratamientos menos efectivos, ya que la incidencia de *Diaphorina citri* posterior a la aplicación fue mayor. De igual manera, el análisis estadístico efectuado en conjunto a las dos aplicaciones (lapso transcurrido de 40 días) presentó diferencias estadísticas, cuya respuesta del tratamiento Tolfenpyrad en sus tres dosis fueron los más efectivos desde el punto de vista estadístico (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Resultados de la incidencia del adulto de *Diaphorina citri* en limón mexicano después de aplicación de diferentes tratamientos de manejo. Segunda evaluación.

Tratamiento	Adultos		
	1ra aplicación (Lapso 12 días)	2da aplicación (Lapso 28 días)	1ra + 2da (Lapso 40 días)
Testigo	5.20 ± 1.65 <sup>†</sup> bcd	3.04 ± 1.56 b	3.85 ± 1.85 bc
Tolfenpyrad 1.25 ml	1.73 ± 0.60 ed	0.90 ± 0.76 cde	1.21 ± 0.79 d
Tolfenpyrad 1.9 ml	1.40 ± 1.73 e	0.56 ± 0.44 de	1.00 ± 0.72 d
Tolfenpyrad 2.5 ml	1.46 ± 1.41 e	0.26 ± 0.29 e	0.71 ± 1.00 d
Fenpyroximato 1.25 ml	6.26 ± 1.35 bc	3.88 ± 1.06 ab	4.77 ± 1.64 bc
Fenpyroximato 1.9 ml	4.73 ± 0.92 bcd	2.76 ± 1.02 bc	3.50 ± 1.37 bc
Fenpyroximato 2.5 ml	3.26 ± 1.30 cde	2.24 ± 1.08 bcd	2.62 ± 1.20 c
Pyrifluquinazon 0.58 ml	16.86 ± 4.76 a	9.52 ± 5.70 a	12.27 ± 6.29 a
Spirotetramat 0.31 ml	9.60 ± 4.01 ab	4.72 ± 1.88 ab	6.55 ± 3.60 b
Media general	5.61	3.09	4.05
P	0.0001	0.0001	0.0001
C. V.	17.32	30.17	23.31
D.S.M.	6.95	4.20	3.68

<sup>†</sup> Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). Los datos corresponden al número de adultos por unidad de muestreo promedio ( $n=10$ ).

Por otra parte, el efecto de los tratamientos probados sobre *Diaphorina citri* en durante los días de observación, incluidas ambas aplicaciones se muestra en la Figura 6. Los tratamientos correspondientes a la molécula Tolfenpyrad en sus tres dosis, presentaron incidencias de *D. citri* con alrededor del 50%, esto se mantuvo hasta los 12 días posterior a primera aplicación. En la aplicación del refuerzo, esta tendencia continuó en los mismos tratamientos Tolfenpyrad en sus tres dosis y hasta 21 días posterior a la aplicación. Comparativamente con el resto de los tratamientos probados respondió diferente en los días de muestreo, ya que, la incidencia de *D. citri* fue ligeramente mayor, por lo que la efectividad de estos últimos tratamientos fue baja, incluido el testigo (Figura 6).



**Figura 6.** Efecto temporal de diferentes tratamientos de manejo de *Diaphorina citri* en limón mexicano. Segunda evaluación.

Considerada como la plaga más importante en cítricos, *Diaphorina citri*, vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, provoca la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB), y una de las estrategias para el manejo del HLB es disminuir las poblaciones del insecto vector, mediante manejo de áreas regionales de control. Ante este problema fitosanitario, el desarrollo de resistencias a diferentes moléculas (Tiwari *et al.*, 2012) y prácticas inadecuadas al realizar su aplicación, son factores que disminuyen su efectividad, por lo que es necesario explorar nuevas alternativas e identificar prácticas asociadas a la aplicación de insecticidas efectivos, que incidan, para que, ante las poblaciones de *Diaphorina citri*, los insecticidas aplicados expresen su máximo potencial (Perez-Zarate *et al.*, 2016).

De igual manera, es importante señalar que varias moléculas actúan en sinergia e incrementan la bio-residualidad, es decir, la mortalidad total que incluye al producto químico más la mortalidad producida por factores biológicos, por ejemplo, el uso de crisopidos dentro de un programa de manejo, es una alternativa debido a la alta tasa de depredación que presentan (Cortez-Mondaca *et al.*, 2016). Ante ello, los productos de bajo impacto ambiental y el uso de enemigos naturales son una opción para el manejo integrado de la plaga. Un punto a considerar, es que la mayoría de los productores aplican por calendario y no tienen datos del muestreo y del umbral económico de la plaga (4 adultos por trampa), lo que ocasiona un exceso de aplicaciones químicas y la resistencia de las plagas a varios grupos toxicológicos, entre tres y ocho veces (Cortés-Mondaca *et al.*, 2010; Miranda *et al.*, 2020). Muy probablemente los insecticidas de amplio espectro de diferentes grupos toxicológicos pueden ocasionar la aparición de resistencia de *D. citri*, por ello, se han realizado muchas pruebas de efectividad biológica (Vázquez-García *et al.*, 2013; Ruíz-Galván *et al.*, 2015; García-Méndez *et al.*, 2016; Pérez-Zarate *et al.*, 2016; García-Méndez *et al.*, 2019; Miranda, 2018; Iqbal *et al.*, 2020) sin embargo, existen algunos insecticidas que son una alternativa para su manejo, por lo que, el reducir una aplicación química en las casi 55,000 ha de cítricos del Valle de Apatzingán, representa un ahorro considerable, y sí se extrapola a la cantidad de aplicaciones que se realizan al año, el impacto es considerable, además, de reducir los daños ecológicos y

de salud humana que implican (Miranda *et al.*, 2020). Por lo anterior, las moléculas evaluadas en diferentes dosis, pueden formar parte de un portafolio de alternativas en el control de esta plaga, con lo cual se evitará concentrar su control en pocas alternativas químicas, lo que genera resistencia. Es importante señalar que los costos de los productos pueden tener un costo mayor a los productos tradicionales, sin embargo, la efectividad es mayor y las cantidades empleadas son menores.

## CONCLUSIONES

La molécula Tolfenpyrad en sus dosis y en las dos evaluaciones, destacan por marcado efecto en la reducción significativa de la incidencia de *D. citri*, por lo que puede sustituir a moléculas de alta toxicidad y que han manifestado resistencia gradual. En general, las moléculas Tolfenpyrad, Pyrifluquinazon, Fenpyroximato y Spirotetramat son moléculas químicas de nueva generación que evidenciaron un efecto reductor en diferentes intensidades de *Diaphorina citri*, por lo que pueden ser una alternativa viable para el manejo de la plaga en la región del Valle de Apatzingán, Michoacán, México. Asimismo, es recomendable realizar una rotación de insecticidas y considerar muestreos constantes, principalmente en periodos de brotación vegetativa.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento otorgado y las facilidades concedidas. El registro del proyecto en el Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI) es el número 19484435765.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brinkman MA; Gardner WA (2001). Use of diatomaceous earth and entomopathogen combinations against the red imported fire ant (Hymenoptera: Formycidae). Florida Entomologist. 84: 740-741.
- Camacho-Tapia M; Rojas-Martínez RI; Zavaleta-Mejía E; Rebollar-Alviter A; Aranda-Ocampo S; Suárez-Espinosa J (2016). Biological, ecological, epidemiological and management aspects of *Candidatus Liberibacter*. Revista Chapingo Serie Horticultura. 22(1): 5-16.
- Cortez-Mondaca E; Lugo-Angulo NE; Pérez-Márquez J; Apodaca-Sánchez MA (2010). Primer reporte de enemigos naturales y parasitismo sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en Sinaloa, México. Southwestern Entomologist. 35(1): 113-116. <https://doi.org/10.3958/059.035.0113>
- Cortez-Mondaca E; López-Arroyo JI; Rodríguez-Ruiz L; Partida-Valenzuela MP; Pérez-Márquez J (2017). Especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri kuwayama* en cítricos y capacidad de depredación en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(2): 363-374. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.350>
- Díaz-Padilla G; López-Arroyo JI; Sánchez-Cohen I; Guajardo-Panes RA; Mora-guilera G; Quijano-Carranza JÁ (2014). Áreas de abundancia potencial en México del vector del huanglongbing, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5(7): 1137-1153.

- FAOSTAT (2023). Estadísticas de la producción mundial de papaya. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Última consulta: 20 de octubre de 2023].
- Flores-Ramírez JC; Aguilar-Carpio C; Alcántara-Jiménez JA; Catalán-Batán G; Ayvar-Serna S (2017). Fluctuación poblacional del psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano en Acapulco, Guerrero. Acta agrícola y Pecuaria. 3(2): 58-60.
- García AE (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ta. (Ed). UNAM. México. 246 p. ISBN: 970-32-1010-4.
- García RI; Linares LA (2012). Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano. El Colegio de Michoacán A. C. e Instituto Politécnico Nacional. 1ra. (Ed). México. 304 p. ISBN: 978-607-8257-07-2.
- García-Méndez VH; Ortega-Arenas LD; Villanueva-Jiménez JA; Sánchez-Arroyo H (2016). Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. Agrociencia. 50: 335- 365.
- García-Méndez VH; Ortega-Arenas LD; Villanueva-Jiménez JA; Osorio-Acosta F (2019). Resistencia de *Diaphorina citri* Kuwayama a Insecticidas en Cinco Áreas Regionales de Control en México. Southwestern Entomologist. 44: 947-954.
- Hernández-Fuentes LM; Urias-López MA; López-Arroyo JI; Gómez-Jaimes R; Bautista-Martínez N (2012). Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima Persa *Citrus latifolia* Tanaka. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(3): 427-439. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i3.1439>
- INEGI (2016). Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1ra. (Ed). México. 723 p.
- Iqbal J; Nasser H; Latif M; Barjees M; Owayss A; Raweh H; Alqarni A (2020). A field study investigating the insecticidal efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama on Kinnow mandarin, *Citrus reticulata* Blanco trees. Saudi Journal Biological Sciences, 27(5): 1237-1241. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.006>
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (2022). Mode of action classification scheme, version 10.4, december 2022. IRAC International MoA Working Group. 41 p.
- Miranda MA (2018). Manejo en áreas regionales de control de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en Michoacán. Entomología Mexicana. 5: 342-377.
- Miranda-Salcedo MA; Perales-Segovia CC; Cortés-Moncada E; Miranda-Ramírez JM (2020). Manejo agroecológico de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano, en Michoacán. Revista Entomología Mexicana. 7: 176-186.
- Orozco-Santos M; García-Preciado JC; Velázquez-Monreal JJ; Hernández-Fuentes LM; Robles-González MM; Manzanilla-Ramírez MA; Manzo-Sánchez G (2023). Uso de acolchados plásticos para reducir *Diaphorina citri*-Huanglongbing e incrementar el

- rendimiento de lima mexicana en el trópico seco de México. *Southwestern Entomologist*. 47(4): 927-934. <https://doi.org/10.3958/059.047.0416>
- Ortega-Arenas LD; Villegas-Monter A; Ramírez-Reyes AJ; Mendoza-García EE (2013). Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazonos, Veracruz México. *Acta Zoológica Mexicana*. 29(2): 317-333.
- Pérez-Artiles L; Busoli AC; Sotelo PA; Arcila AM (2017). Biología y parámetros reproductivos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en diferentes hospederos de Rutaceae. *Revista Colombiana de Entomología*. 43(2): 141-150.
- Pérez-Zarate LA; Osorio-Acosta F; Villanueva-Jiménez JA; Ortega-Arenas LD; Chiquito-Contreras RG (2016). Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en áreas regionales de control. *Southwestern Entomologist*. 41(4): 1037-1050. <https://doi.org/10.3958/059.041.0404>
- Qureshi JA; Stansly PA (2009). Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control*. 50: 129-136.
- Ruiz-Galván I; Bautista-Martínez N; Sánchez-Arroyo H; Valenzuela-Escoboza FA (2015). Control químico de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae) en lima persa. *Acta Zoológica Mexicana*. 31(1): 41-47.
- SAS (Statistics Analysis System) (2019). SAS 9.4 Language Reference: Concepts. Sixth Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) (2020). Manual operativo de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262579/Manual\\_Operativo\\_contra\\_Huanglongbing\\_de\\_los\\_citricos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/262579/Manual_Operativo_contra_Huanglongbing_de_los_citricos.pdf)
- SIAP-SADER (2023). Estadísticas de la producción nacional de limón. [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/) [Última consulta: 20 de octubre de 2023].
- Tiwari, S; Stelinski LL; Rogers ME (2012). Biochemical basis of organophosphate and carbamate resistance in Asian citrus psyllid. *Journal of Economic Entomology*. 105(2): 540-548. <https://doi.org/10.1603/EC11228>
- Valencia SK; Duana AD (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. *Análisis Económico*. 34(87): 269-283.
- Vázquez-García M; Velázquez MJJ; Medina VM; Cruz CD; Sandoval M; Virgen G; Torres P (2013). Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in central west Mexico. *Southwestern Entomologist*. 38: 579-596.
- Zamora-Juárez S; Rodríguez-Lagunes DA; Osorio-Acosta F; Castañeda-Castro O; Núñez-Pastrana R; Noa-Carrazana JC (2021). Susceptibilidad de *Diaphorina citri* a dimetoato y clorpirifos en huertas cítricas comerciales de Veracruz, México. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*. 38(4): 887-901.