







Artículo original

Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*) en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco


Space-time fluctuation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in Persian lime (*Citrus latifolia*) in the citrus zone of Huimanguillo, Tabasco

¹MARILYN ESTEFANIA YZQUIERDO-ALVAREZ, ¹JOAQUÍN ALBERTO RINCÓN-RAMÍREZ, ²EMILIANO LOEZA-KUK, ³JESÚS FRANCISCO LÓPEZ-OLGUÍN, ¹LORENZO ARMANDO ACEVES-NAVARRO, ^{1*}Carlos Fredy ORTIZ-GARCÍA



OPEN ACCESS

*Autor corresponsal:

 Carlos Fredy Ortiz-García
cfortiz@colpos.mx

Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N, Cárdenas, Tabasco, C.P. 86500, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Mochá, Yucatán. C.P. 97454, México.

³Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla. C.P. 72570, México.

Cita:

Yzquierdo-Alvarez, M. E., Rincón-Ramírez, J. A., Loeza-Kuk, E., López-Olguín, J. F., Aceves-Navarro, L. A., Ortiz-García, C. F. (2021) Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*) en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 37, 1–14.
10.21829/azm.2021.3712374
elocation-id: e3712374

Recibido: 10 noviembre 2020

Aceptado: 25 enero 2021

Publicado: 05 febrero 2021

RESUMEN. En México se cultivan cerca de 600 mil hectáreas de cítricos, de los cuales, el cultivo de limón Persa representa el 19%, con un valor cercano a 3 mil 800 millones de pesos. Veracruz, Tabasco y Oaxaca son los tres principales productores a nivel nacional; sin embargo, esta producción se mantiene en riesgo por las pérdidas económicas que genera la enfermedad Huanglongbing y su vector el Psílido Asiático de los Cítricos *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907). En Tabasco, el patógeno y vector se detectaron desde el 2012 y 2005, respectivamente. Así, a cinco años del manejo mediante las Áreas Regionales de Control (ARCOs), es imperativo conocer la fluctuación poblacional de *D. citri*, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo conocer la fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* en el ARCOs de la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco,



y determinar los periodos de mayor densidad poblacional y de riesgo de dispersión del HLB. Se analizó la base de datos de la captura catorcenal de adultos en 2,820 trampas pegajosas amarillas en 141 sitios del monitoreo de *D. citri* de marzo a diciembre del 2019, realizado en la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos. Con la base de datos se generaron mapas geoestadísticos del promedio de *D. citri* por trampas y se determinó el patrón de dispersión del adulto mediante el cálculo de tres índices de agregación, además de su relación con las variables ambientales de temperaturas y precipitación mensuales. Se observó que *D. citri* está presente durante todo el periodo de estudio variando su densidad de manera mensual, las densidades poblacionales más altas se presentaron en el periodo de junio a octubre, con tendencia de mayor abundancia hacia la parte noroeste de la zona cítrica, presentando un patrón de distribución en agregados y del 20 al 30% de los sitios evaluados rebasan el umbral de intervención regional de un adulto de *D. citri* por trampa.

Palabras clave: dinámica poblacional; psílido asiático de los cítricos; HLB; ARCOs

ABSTRACT. In Mexico, about 600 thousand hectares are cultivated with citrus fruits, of which, Persian lime represents 19%, with a value close to 3.8 billion pesos. Veracruz, Tabasco, and Oaxaca are the three main producers nationwide; however, this production remains at risk due to the economic losses generated by the Huanglongbing disease and its vector, the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907). In Tabasco, the pathogen and vector were detected since 2012 and 2005, respectively. Thus, after five years management through the Regional Control Areas (ARCOs), it is imperative to know the population fluctuation of *D. citri*, so the objective of the present study was to know the space-time fluctuation of *Diaphorina citri* in the ARCOs of the citrus zone of Huimanguillo, Tabasco, and to determine the periods of greatest population density and risk of HLB spreading. The fortnight adult-capture database from 2,820 yellow sticky traps in 141 *D. citri* monitoring sites from March to December 2019 was analyzed, carried out in the campaign against regulated pests of citrus fruits. With the database, geostatistical maps of the average *D. citri* per trap were generated and the dispersion pattern of the adults was determined by calculating three aggregation indices, as well as their relationship with the environmental variables of temperature and monthly precipitation. *Diaphorina citri* was observed to be present throughout the study period varying in density on a monthly basis, the highest population densities occurred in the period from June to October, with a trend of greater abundance towards the northwest part of the citrus zone, presenting a distribution pattern in aggregates and 20 to 30% of the evaluated sites exceed the regional intervention threshold of one adult *D. citri* per trap.

Key words: population dynamics; Asian citrus psyllid; HLB; Regional control areas

INTRODUCCIÓN

En México, se cosechan aproximadamente 8 millones 217 mil toneladas de cítricos producidos en una superficie cercana a las 600 mil hectáreas, de las cuales, el cultivo de limón Persa representa el 19% (SIAP, 2019). Veracruz, Tabasco y Oaxaca, en orden de importancia, son los estados con mayor producción nacional de este cultivo. Sin embargo, esta producción se encuentra amenazada por la enfermedad del huanglongbing de los cítricos (HLB), considerada como la más destructiva

(Wang *et al.*, 2016), ya que a nivel mundial ha provocado la muerte de más de 60 millones de árboles (Das *et al.*, 2007) y alrededor de 200 millones de árboles se han visto afectados en 40 países de Asia, África, Oceanía y en el norte y sudamérica (García-Darderes, 2009).

En México, el HLB se detectó por primera vez en el año 2009 en el estado de Yucatán, asociada con la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (Trujillo-Arriaga, 2009), bacteria que es transmitida de manera persistente por el insecto *Diaphorina citri* (Aubert, 1987). En el estado de Tabasco, *D. citri* se reportó por primera vez en el 2005 (Sánchez-Soto & Martínez-Arboleda, 2006), este insecto provoca pérdidas directas como plaga, debido a los daños que ocasionan los hábitos alimenticios en la superficie de hojas, peciolo, yemas axilares y brotes tiernos de las ninfas y adultos (Alemán *et al.*, 2007), además del daño generado por la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter* (Halbert & Manjunath, 2004). El huanglongbing de los cítricos se detectó en Tabasco a finales del 2012 (Trujillo-Arriaga, 2012) y actualmente se encuentra presente en algunas plantaciones comerciales de limón Persa del municipio de Huimanguillo, por lo que la eliminación de plantas infectadas con CLas y el control de *D. citri* son las medidas más importantes para retrasar y reducir los efectos del HLB.

Diaphorina citri presenta un ciclo de vida hemimetábolo, después de la eclosión del huevo, pasa por cinco estadios ninfales ápteros y una etapa adulta alada (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013). La duración en estado de huevo es de cuatro días, y los cinco estadios ninfales se desarrollan en un periodo de aproximadamente 13 días (Ramírez-Sánchez *et al.*, 2016), el adulto puede llegar a vivir de tres a cuatro meses, y su desarrollo y ciclo de vida se altera en función de las condiciones ambientales (Yang *et al.*, 2006). El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de la población de *D. citri* es de 25 a 28°C (Liu & Tsai, 2000). Los adultos generalmente se mueven constantemente entre plantas de cítricos, sin embargo, cuando su nicho es perturbado pueden dispersarse de tres a cinco metros dentro del huerto (López *et al.*, 2005). Igualmente, Boina *et al.* (2009), determinaron que adultos de *D. citri* pueden desplazarse hasta 100 metros en tres días, mientras que Lewis-Rosenblum *et al.* (2015) reportaron que estos insectos se pueden dispersar hasta 2 km en un lapso de 12 días, a su vez, Aurambout *et al.* (2009) señalaron que la dispersión de *D. citri* a mayores distancias se logra por adultos que se elevan de cinco a siete metros de las plantas y pueden ser arrastrados por las corrientes de viento, hasta 4 km o más, dependiendo de la velocidad del viento.

El manejo del HLB y *D. citri* en México se lleva a cabo mediante la implementación de Áreas Regionales de Control (ARCOs), donde se realizan actividades de: vigilancia epidemiológica en huertos comerciales y en traspatios, eliminación de plantas positivas, monitoreo sistemático catorcenal de *D. citri*, recomendaciones de control (con aplicaciones químicas), además de la recuperación de áreas dañadas con el uso de plantas certificadas (SENASICA, 2018). Desde el año 2015, en el estado de Tabasco se cuenta con un ARCOs donde se implementan estas estrategias para el manejo del HLB. Dada la importancia que representa *D. citri* como vector de CLas, y que actualmente se encuentran plantaciones de limón Persa conviviendo con plantas enfermas (datos no publicados) el monitoreo de este insecto es un componente estratégico para reducir la dispersión del HLB y, a su vez, para tomar medidas de control y reducir oportunamente las altas poblaciones. Entre los criterios establecidos para impactar a las poblaciones de *D. citri* se han

implementado umbrales de intervención (U.I), como es el caso del U.I de 0.2 adultos por trampa por muestreo para el continente americano, definido por Monzó *et al.* (2015), y el U.I de un adulto por trampa por muestreo, implementado para el estado de Tabasco por el Grupo Técnico de la Campaña Fitosanitaria Contra Plagas Reglamentadas (datos no publicado). Así, el objetivo de esta investigación fue conocer la fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* en el ARCOs de la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco y determinar los periodos de mayor densidad poblacional y riesgo de dispersión del HLB.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se basó en el análisis de la base de datos del monitoreo de *Diaphorina citri* realizado en la zona citrícola de Huimanguillo, de marzo a diciembre del 2019, como parte del ARCOs 1 de la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos. Este monitoreo se realizó en 141 sitios de muestreos separados aproximadamente a 700 m y distribuidos en toda la zona citrícola. En cada sitio de muestreo se instalaron 20 trampas amarillas pegajosas ubicadas al sureste de cada plantación, en una línea de 40 plantas, colocando una trampa cada dos árboles, a una altura entre 1 a 2 m, con referencia al suelo. Cada trampa estaba identificada con un número; además de estar georreferenciadas (coordenadas geográficas) y de contar con el nombre del productor del sitio de monitoreo, la superficie del huerto y el tipo de especie citrícola cultivada. De manera catorcenal, de cada trampa por sitio de muestreo, se registró el número de *D. citri* capturado y se colocó una nueva trampa. La base de datos fue proporcionada por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco (CESVETAB), la cual fue descargada del Sistema de Monitoreo de *Diaphorina* (SIMDIA) que se encuentra en el Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Sonora (SIAFESON).

Área de estudio. El área de estudio comprende el ARCOs 1 de la zona citrícola de la sabana de Huimanguillo, ubicada al centro-sureste del municipio de Huimanguillo (Fig. 1), se localiza entre las coordenadas geográficas extremas: 17.95° y 17.57° latitud norte, y -93.43° y -93.76° de longitud oeste. La zona citrícola está conformada por 78 comunidades que ocupan una superficie de aproximadamente 11,533 hectáreas, de las cuales, el 97% corresponde al cultivo de limón Persa. Presenta temperaturas superiores a 20°C en la mayoría de los meses. La temperatura máxima del mes más cálido es de 36°C, la temperatura mínima del mes más frío es de 18.5°C y la temperatura media es de 26°C; en los meses de junio a enero se registran precipitaciones de 2,080 mm, sin embargo, en los meses de febrero a mayo se presenta un periodo seco, las mayores precipitaciones ocurren en la parte sur (Salgado-García *et al.*, 2007).

Para el análisis espacio-temporal de *D. citri* se conformaron bases de datos con los valores acumulados mensuales del conteo de adultos de *D. citri* por trampa, posteriormente se obtuvo el promedio de adultos por sitio de marzo a diciembre del 2019, con la ayuda del programa Excel. En total se generaron 10 bases de datos en formato CSV (texto delimitado por comas) que fueron importadas en el programa de uso libre QGIS versión 3.12.1 (QGIS, 2009). Con estas bases se realizaron los mapas mediante Distancia Inversa Ponderada (IDW), los cuales se representaron en escalas de densidades de insectos promedios por trampas y por sitios de muestreo con los valores de 0, 0.2, 0.25, 1, 1.05 y >2, con base en el riesgo que representan.

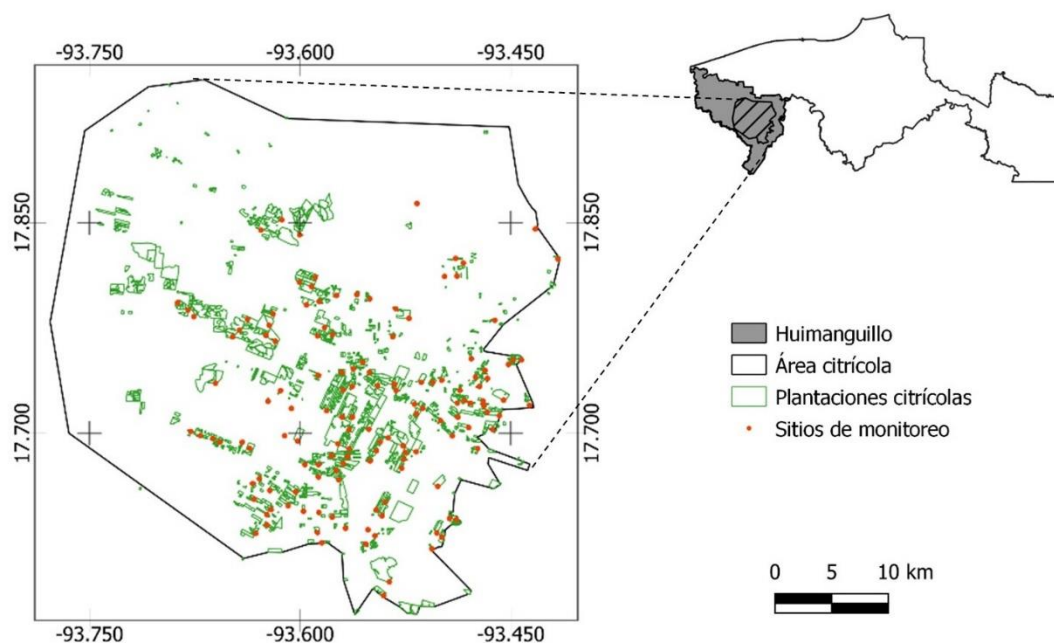


Figura 1. Localización del área de estudio en la zona citrícola del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

Para conocer el patrón de distribución espacial de *D. citri* en la zona citrícola de Huimanguillo, se calcularon las medias y varianzas de las capturas de adultos mensuales y se aplicaron los siguientes índices de dispersión:

*Índice de dispersión (I_d) o relación varianza-media (ecuación 1), los valores iguales a 1 indican una disposición espacial aleatoria, menos que 1 indica una disposición espacial regular o uniforme, y los valores significativamente mayores que 1 indican una disposición agregada (Pielou, 1960).

$$(1) I_d = S^2 / \bar{x}$$

Donde: S^2 es la varianza y \bar{x} la media muestral

*Coeficiente de Green (C_x) (ecuación 2), se basa en la relación varianza/media muestral. Valores negativos muestran un patrón uniforme, valores positivos muestran un patrón de agregación y valores iguales a 0 representan una distribución aleatoria (Green, 1966).

$$(2) C_x = \frac{(S^2 / \bar{x}) - 1}{\sum x - 1}$$

Donde: S^2 es la varianza y \bar{x} la media muestral

*Ley de Potencial de Taylor "b" también utiliza la relación entre la varianza y la media muestral y viene dada por la ecuación 3.

$$(3) S^2 = a \bar{x}^b$$

Donde: a es un factor escalar, S^2 es la varianza, \bar{x} es la media muestral y "b" es el índice de dispersión.

De acuerdo con Taylor (1961), cuando el índice "b" es significativamente mayor que 1, la distribución espacial es agregada; cuando es igual o cercano a 1 el patrón es aleatorio y cuando es menor que uno la distribución es uniforme. Para obtener el valor del índice "b" de la ecuación se calculó el logaritmo de las medias y varianzas, con ellas se realizó una regresión lineal simple con el logaritmo de la varianza como variable dependiente (y) y el logaritmo de la media como variable independiente (x). Los análisis anteriores fueron realizados utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI versión 16.1.02 (Statpoint Technologies, USA).

RESULTADOS

De marzo a diciembre 2019 se le dio seguimiento a la población de *Diaphorina citri* en 141 sitios citrícolas en la sabana de Huimanguillo. *Diaphorina citri* se encontró presente durante todo el periodo de estudio en toda la zona citrícola. De manera regional, la densidad poblacional se mostró baja los tres primeros meses de estudio (marzo, abril y mayo), con respecto a las densidades poblacionales registradas en los meses siguientes. La densidad poblacional aumentó desde junio hasta alcanzar un pico poblacional en el mes de septiembre, y decreció constantemente a partir del mes de octubre. Las densidades más bajas se registraron en el mes de mayo (Fig. 2).

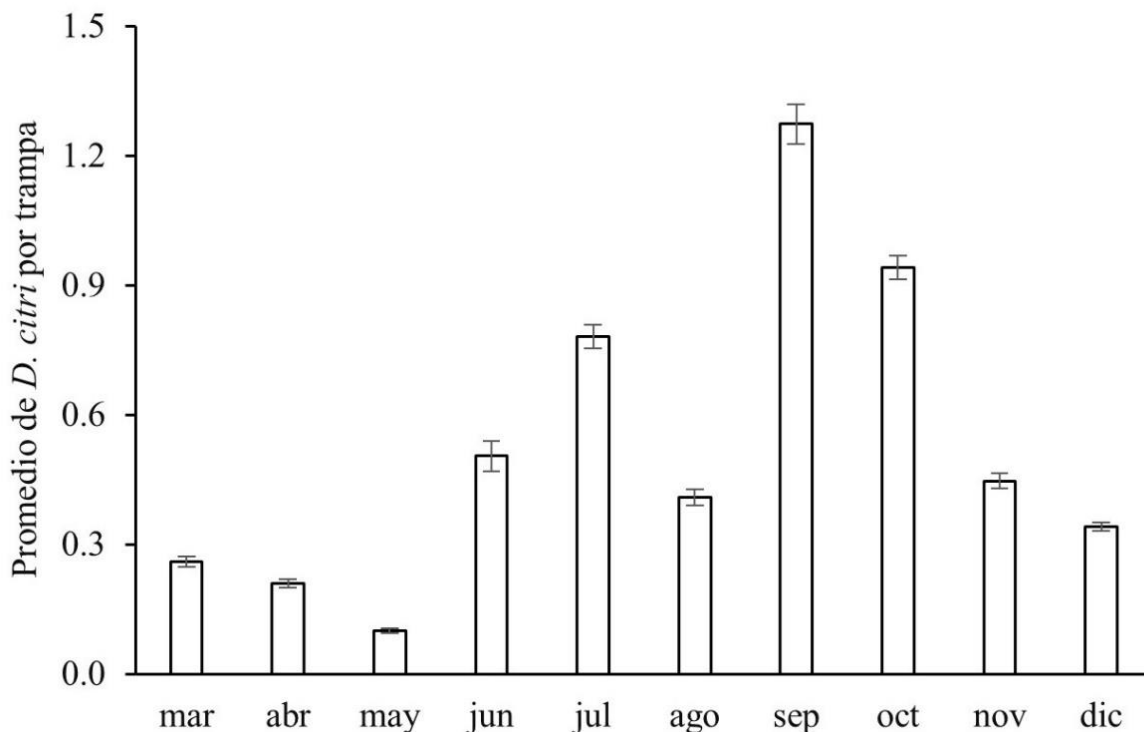


Figura 2. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* de marzo a diciembre en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco (las líneas verticales indican el error estándar).

En la Figura 3 se muestran los mapas de la fluctuación espacio-temporal de *D. citri* en la zona citrícola de Huimanguillo de marzo a diciembre del 2019, donde se destaca el promedio de adultos capturados por sitio. En los meses de marzo a mayo se registraron bajas densidades poblacionales, el 97% de los sitios registró promedios de *D. citri* por debajo del umbral de intervención (U.I) regional en el ARCOs Tabasco, de un adulto por trampa, aunque en marzo y abril, en el 3% de los sitios ubicados en la parte centro y sureste de la zona citrícola el promedio de insectos capturados fue superior al U.I. En el mes de mayo, el 100% de los sitios monitoreados registró promedios por debajo del U.I.

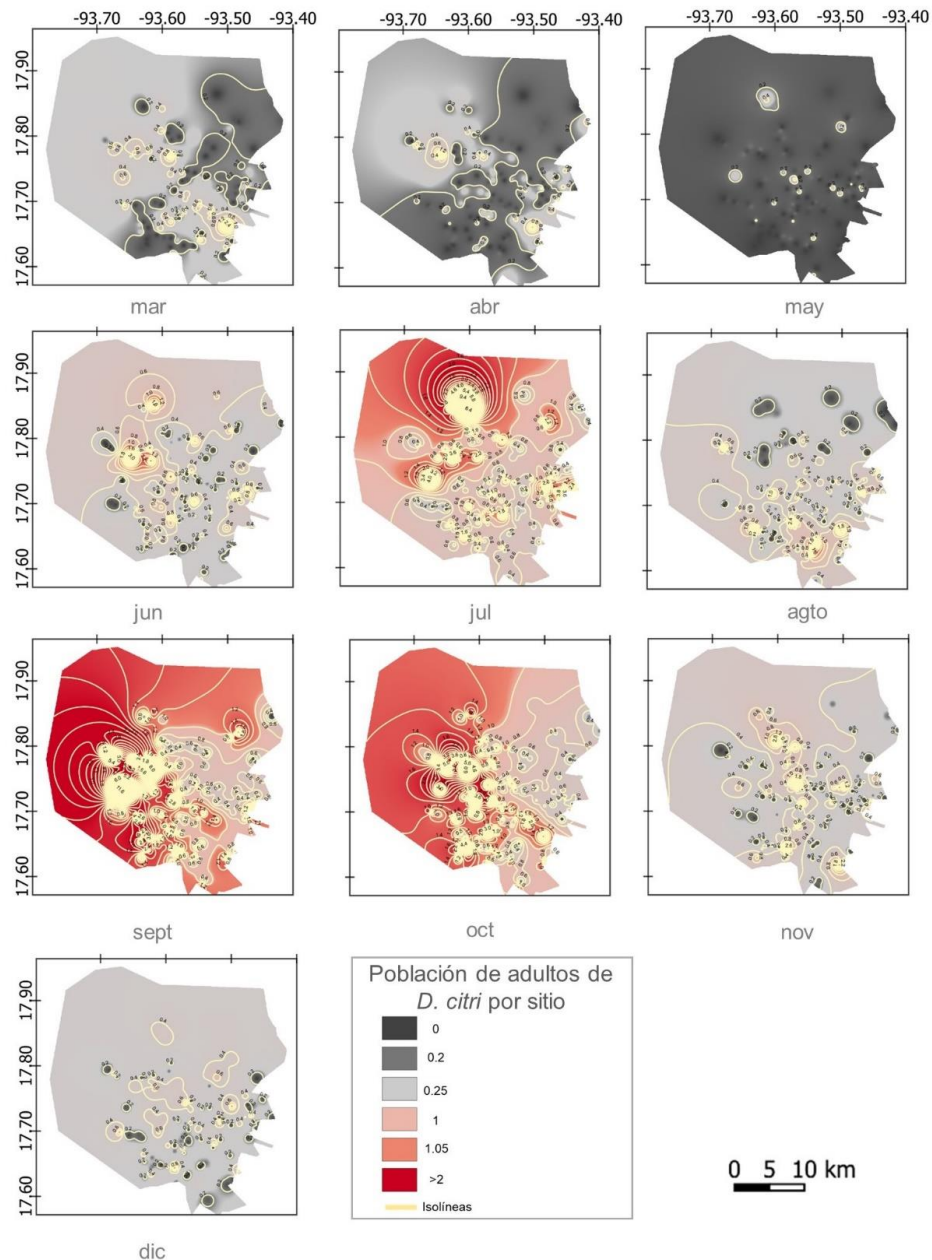


Figura 3. Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* de marzo a diciembre del 2019 en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco.

En el mes de junio, las densidades poblacionales registradas del 10% de los sitios, duplicaron el U.I regional, estos se ubican en siete comunidades de la parte centro-norte y sureste de la zona citrícola. En julio continuó en aumento la densidad de población, el 18% de los sitios ubicados en 15 comunidades de la parte noroeste superaron el U.I con promedios superiores a dos insectos por trampa, de los cuales, las siete comunidades del mes anterior presentaron altas densidades nuevamente. En agosto se observó una disminución en las densidades poblacionales de *D. citri*, y sólo el 6% de los sitios muestreados registraron promedios de *D. citri* por encima del U.I regional, estos sitios ubicados en cuatro comunidades de la parte centro y sureste de la zona citrícola. Sin embargo, en el mes de septiembre se registró un incremento abrupto, de modo que el 31% de los sitios monitoreados registraron densidades poblacionales por encima del U.I regional (> 3 adultos por trampa), dichos sitios ubicados en 17 comunidades de la parte noroeste de la zona citrícola. En el mes de octubre disminuyó la densidad poblacional, sin embargo, una cuarta parte (26%) de los sitios mantuvieron promedios por encima del U.I regional en la misma zona que en el mes de septiembre, 15 de 17 comunidades. En noviembre continuó decreciendo la densidad poblacional, solo en el 6% de los sitios se superó el U.I regional, dichos sitios ubicados en cuatro comunidades de la parte centro-sur. En el mes de diciembre las densidades poblacionales disminuyeron significativamente, dado que el 97% de los sitios registró densidades promedio por debajo del U.I regional (un adulto por trampa).

En cuanto al patrón de distribución regional de la población de *D. citri*, en el Cuadro 1 se muestra el número de trampas revisadas por mes y el valor calculado de dos índices. El índice "Id" mostró valores mayores a 1 en todos los meses evaluados, el índice de Green mantuvo valores mayores a cero y el índice "b" de la Ley de Potencia de Taylor con valor de 1.656 en el modelo $S^2 = 1.66 + 1.656 m$ ($p = < 0.0001$, $r^2 = 0.89$) indican un patrón agregado. Por lo cual, con los tres índices evaluados, se encontró que *D. citri* presenta un patrón de distribución agregado en la zona citrícola de Huimanguillo de manera regional.

Cuadro 1. Índices de agregación de *Diaphorina citri* en los meses de marzo a diciembre de 2019 en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Número de trampas revisadas (n = 5,640), Relación varianza-media (Id) y Coeficiente de Green (Cx).

Mes	Id	Cx
Marzo	3.7*	0.0018
Abril	2.9*	0.0016
Mayo	1.8*	0.0014
Junio	14.0*	0.0045
Julio	7.4*	0.0010
Agosto	6.8*	0.0020
Septiembre	9.8*	0.0012
Octubre	5.2*	0.0008
Noviembre	4.9*	0.0015
Diciembre	1.9*	0.0004

*Significativamente agregada ($p \leq 0.01$).

DISCUSIÓN

Diaphorina citri estuvo presente durante todo el estudio, lo que se explica con Alemán *et al.* (2007) ya que *D. citri* no presenta una etapa de diapausa, encontrándose todo el año. Asimismo, Hernández-Landa *et al.* (2013), quienes estudiaron la dinámica espacio-temporal de *D. citri* en limonaria en Veracruz, encontraron que los adultos de *D. citri* están presentes durante todo el año con un pico poblacional en verano. A su vez, García-Garduza *et al.* (2013) estudiaron la fluctuación de *D. citri* en un huerto comercial de limón Persa en Huimanguillo, Tabasco, y encontraron que los promedios más altos de *D. citri* se registraron en los meses de marzo a julio, con un pico poblacional en julio, no obstante, en este estudio la mayor densidad poblacional se registró de junio a octubre con un pico poblacional en septiembre para toda la zona citrícola de Huimanguillo. En este periodo hubo sitios de monitoreo ubicados en la parte oeste de la zona citrícola que constantemente mantuvieron altas densidades poblacionales (>1 adulto por trampa), por lo que las acciones de manejo en estos sitios deberían ser supervisadas con mayor frecuencia ya que las densidades poblacionales encontradas pueden servir como focos de infestación, lo cual representa un riesgo para la dispersión del HLB ya que *D. citri* puede desplazarse desde 100 m hasta 2 km (Boina *et al.*, 2009; Lewis-Rosenblum *et al.* 2015).

En la mayoría de los meses de estudio, la densidad poblacional de *D. citri* superó el umbral de intervención utilizado en el continente americano de 0.2 insectos por trampa (Monzó *et al.*, 2015), con excepción del mes de mayo. Sin embargo, el umbral de intervención utilizado en el ARCOs del estado de Tabasco de un adulto por trampa, se rebasó en los meses de junio a noviembre. Asimismo, se observó que la temperatura no fue un factor limitante en las densidades poblacionales de *D. citri*, a pesar de que Nava *et al.* (2007) mencionan que temperaturas superiores a los 32°C son desfavorables para el desarrollo de *D. citri*, en los meses donde se registraron temperaturas de 32°C o superiores, hubo altas densidades poblacionales (Fig. 2), lo que puede indicar que *D. citri* ya se encuentra adaptada a las altas temperaturas que se presentan en la zona. Al respecto, Beattie y Barkley (2009) informaron que las poblaciones de *D. citri* son fácilmente adaptables a regiones con altas temperaturas. No obstante, en los meses donde se registraron las temperaturas más frescas (noviembre y diciembre) las densidades poblacionales de *D. citri* disminuyeron, esto puede atribuirse a que la actividad del insecto se reduce considerablemente y el movimiento tiende a ser limitado durante los meses más fríos (Qureshi & Stansly, 2009), así como la frecuencia de brotes en el árbol es menor (García-Garduza *et al.*, 2013).

Los picos más altos de precipitación, coincidieron con las altas densidades poblacionales de *D. citri* (Fig. 2 y 4), sin embargo, en estudios realizados por Aubert (1987) y Moschini *et al.* (2010) mencionan que precipitaciones mensuales con valores superiores de 150 mm reducen drásticamente la población ya que pueden arrastrar huevos, ninfas o adultos de *D. citri* de los brotes en que se encuentran, por lo que, en este estudio no se observó que este factor fuera un limitante para las densidades poblacionales del insecto, ya que aún con precipitaciones por encima de los 150 mm se observaron densidades altas de *D. citri*. De igual manera, los meses de seca (abril y mayo) coincidieron con las densidades poblacionales más bajas.

Con respecto al patrón espacial que presenta *D. citri* en la zona citrícola, los resultados encontrados en este estudio coinciden con los patrones de distribución espacial de agregación

encontrados por varios autores en diferentes hospederos, por ejemplo, Wang (1981) y Sétamou y Bartels (2015) en el cultivo de mandarina; Tsai *et al.* (2000), Soemargono *et al.* (2008), Miranda *et al.* (2011) y Hernández-Landa (2013) en limonaria; Sétamou *et al.* (2008) y Costa *et al.* (2010) en el cultivo de naranja valencia; Sétamou y Bartels (2015) en pomelos; y Bayles *et al.* (2017) en cítricos de traspatios. Este patrón de agregación se puede atribuir a que los adultos prefieren asentarse y depositar sus huevos en la planta huésped donde se desarrollaron (Kobori *et al.*, 2011). De acuerdo con estos resultados, se sugiere que el muestreo de las poblaciones de *D. citri* debería cubrir la mayor superficie del cultivo. De igual manera, el control de las poblaciones de *D. citri* debería dirigirse a las plantaciones de comunidades con mayores densidades poblacionales que a aplicar en toda la superficie del cultivo, ya que este patrón de distribución indica que las poblaciones se agrupan en parches o aglomerados dejando espacios libres.

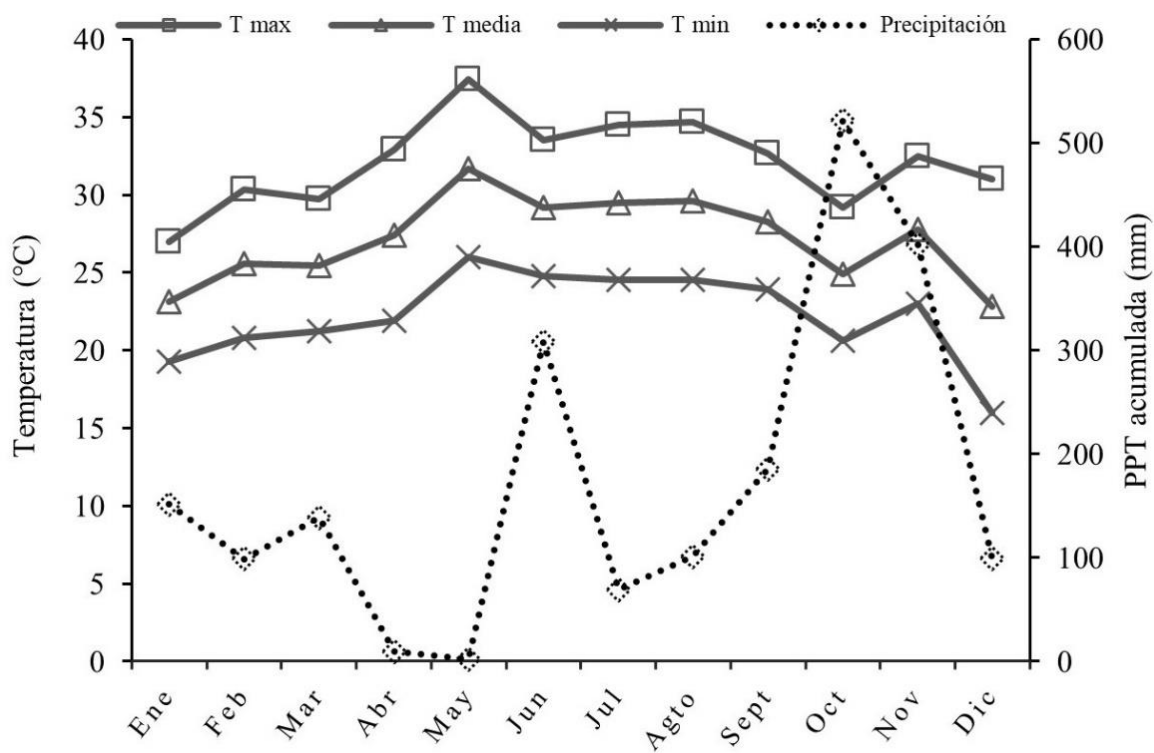


Figura 4. Fluctuación de la temperatura y precipitación de enero a diciembre del 2019 en la zona cítrica de Huimanguillo, Tabasco.

CONCLUSIONES

Las densidades poblacionales más altas de *D. citri* se presentaron en verano y principios de otoño (de junio a octubre) con un pico poblacional en septiembre. El comportamiento espacial de las poblaciones de *D. citri* en el cultivo de limón Persa a nivel regional fue de tipo agregado. *Diaphorina citri* se encuentra presente en toda la zona cítrica, sin embargo, se observa que las plantaciones que se encuentran en la parte noroeste registran las mayores densidades poblacionales y, considerando que las plantaciones que actualmente conviven con el HLB se

encuentran en esta zona, las altas densidades poblacionales de *D. citri* que se registran representan un peligro para las plantaciones de limón Persa vecinas y que actualmente se encuentran libres de CLas.

AGRADECIMIENTOS. Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco por la información y apoyo proporcionado para la realización de esta investigación, al CONACYT por el apoyo otorgado mediante una beca de maestría y a la Unión Europea por los fondos aportados para desarrollar parte de esta investigación como parte del proyecto Horizon 2020: Insect borne prokaryote-associated diseases in tropical and subtropical perennial crops (TROPICSAFE: Grant Agreement No. 7274459).

LITERATURA CITADA

- Alemán, J., Baños, H., Ravelo, J.** (2007) *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Revista de Protección Vegetal*, 22 (3), 154–165.
- Aubert, B.** (1987) *Trioza erythrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits*, 42 (3), 149–162.
- Aurambout, J. P., Finlay, K. J., Luck, J., Beattie, G. A. C.** (2009) A concept model to estimate the potential distribution of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change. A means for assessing biosecurity risk. *Ecological Modelling*, 220 (19), 2512–2524.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.05.010>
- Bayles, B. R., Thomas, S. M., Simmons, G. S., Grafton-Cardwell, E. E., Daugherty, M. P.** (2017) Spatiotemporal dynamics of the Southern California Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*) invasion. *PLoS One*, 12 (3), e0173226.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173226>
- Beattie, G. A., Barkley, P.** (2009) Huanglongbing and its vectors: A pest-specific contingency plan for the citrus and nursery and garden industries.
<http://handle.uws.edu.au:8081/1959.7/uws:31219>
- Boina, D. R., Meyer, W. L., Onagbola, E. O., Stelinski, L. L.** (2009) Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. *Environmental Entomology*, 38 (4), 1250–1258.
<https://doi.org/10.1603/022.038.0436>
- Costa, M. G., Barbosa, J. C., Yamamoto, P. T., Moreira, L. R.** (2010) Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) in citrus orchards. *Scientia Agricola*, 67 (5), 546–554.
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500008>
- Das, A. K., Rao, C. N., Singh, S.** (2007) Presence of citrus greening (Huanglongbing) disease and its psyllid vector in the North-Eastern region of India confirmed by PCR technique. *Current Science*, 92 (12), 1759–1763.

<https://www.jstor.org/stable/2845812>

- García-Darderes, C.** (2009) Distribución del Huanglongbing (HLB-Greening) en el Mundo. Ministerio de la Producción Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires, AR, 1–13.
- García-Garduza, D., Sánchez-Soto, S., Romero-Nápoles, J., Pérez-Flores, J.** (2013) Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*), en Huimanguillo, Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 39 (2), 201–204.
- Grafton-Cardwell, E. E., Stelinski, L. L., Stansly, P. A.** (2013) Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology*, 58 (1), 413–432.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153542>
- Green, R. H.** (1966) Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Researches on Population Ecology*, 8 (1), 1–7.
- Halbert, S. E., Manjunath, K. L.** (2004) Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, 87 (3), 330–353.
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0330:ACPSPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0330:ACPSPA]2.0.CO;2)
- Hernández-Landa, L., López-Collado, J., García-García, C. G., Osorio-Acosta, F., Nava-Tablada, M. E.** (2013) Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitláhuac, Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 29 (2), 334–345.
- Kobori, Y., Nakata, T., Ohto, Y., Takasu, F.** (2011) Dispersal of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the vector of citrus greening disease, in artificial release experiments. *Applied Entomology and Zoology*, 46 (1), 27–30.
<https://doi.org/10.1007/s13355-010-0004-z>
- Lewis-Rosenblum, H., Martini, X., Tiwari, S., Stelinski, L. L.** (2015) Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian citrus psyllid in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology*, 108 (1), 3–10.
<https://doi.org/10.1093/jee/tou008>
- Liu, Y. H., Tsai, J. H.** (2000) Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology*, 137 (3), 201–206.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00060.x>
- López, J. I., Peña, A. M., Rocha, A., Loera, J.** (2005) Ocurrencia en México del psílido asiático *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). VII Congreso Internacional de Fitopatología. Chihuahua, Chih., Méx. 68 pp.
- Miranda, I., Baños Díaz, H., Pérez Aranda, Y., de los Ángeles Martínez, M.** (2011) Patrón espacial y parámetros de crecimiento de *Diaphorina citri* Kuwayama y su parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston sobre *Murraya paniculata*. *Revista de Protección Vegetal*, 26 (2), 100–104.
- Monzó, C., Arevalo, H. A., Jones, M. M., Vanaclocha, P., Croxton, S. D., Qureshi, J. A., Stansly, P. A.** (2015) Sampling methods for detection and monitoring of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*, 44 (3), 780–788.
<https://doi.org/10.1093/ee/nvw032>

- Moschini, R. C., Heit, G. E., Conti, H. A., Cazenave, G., Cortese, L.** (2010) Riesgo agroclimático de las áreas cítricas de Argentina en relación a la abundancia de *D. citri*. SENASA. Buenos Aires, Argentina, 14 pp.
- Pielou, E. C.** (1960) A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. *Journal of Ecology*, 48 (3).
<https://doi.org/10.2307/2257334>
- Qureshi, J. A., Stansly, P. A.** (2009) Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control*, 50 (2), 129–136.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.04.001>
- Ramírez-Sánchez, A. K., Ortega-Arenas, L. D., Velázquez-Monreal, J. J., Valdez-Carrasco, J. M.** (2016) Supervivencia y reproducción de *Diaphorina citri* en plantas de naranja y lima mexicana sanas e infectadas con *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Southwestern Entomologist*, 41 (3), 801–812.
<https://doi.org/10.3958/059.041.0322>
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Lagunes-Espinosa, L. C., Castellán-Estrada, M., Ortiz-García, C. F., Ventura-Ulloa, F., Marín-Aguilar, A., Moreno-Caliz, E., Rincón-Ramírez, J. A.** (2007) Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF) en el área cítrica de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México, 89 pp.
- Sánchez-Soto, S., Martínez-Arboleda, H. J.** (2006) Presencia de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Tabasco. Pp. 391–392. En: Memoria de la XIX Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Villahermosa, Tabasco, México.
- SENASICA** (2018) Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 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
- Sétamou, M., Flores, D., Victor French, J., Hall, D. G.** (2008) Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology*, 101 (4), 1478–1487.
<https://doi.org/10.1093/jee/101.4.1478>
- Sétamou, M., Bartels, D. W.** (2015) Living on the edges: spatial niche occupation of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in citrus groves. *PloS One*, 10 (7), e0131917.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131917>
- SIAP** (2019) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Soemargono, A., Ibrahim, Y., Ibrahim, R., Osman, M. S.** (2008) Spatial distribution of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) on citrus and orange jasmine. *Journal of Bioscience*, 19 (2), 9–19.
- Statpoint Technologies I.** (2010) Statgraphics Centurion. Statpoint Technologies, Inc., USA.

- Trujillo-Arriaga, J.** (2009) Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Oficio B00.01,01,01.03.-10791. Circular No. 120. Zona bajo control fitosanitario. 22 de septiembre de 2009.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346556/120-_Se_declara_como_ZBCF_Yucatan_y_Q._Roo_por_HLB_y_su_vector_el_Psilido_asiatico.pdf
- Trujillo-Arriaga, J.** (2012) Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Oficio B00.01,02,01,01./.-12767. Aviso No. 189. Zona bajo control fitosanitario. 13 de diciembre de 2012.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346568/12767_AVISO_189_TABASCO_ZONA_BAJO_CONTROL_FITOSANITARIO_HLB.pdf
- Taylor, L. R.** (1961) Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189 (4766), 732–735.
- Tsai, J. H., Wang, J. J., Liu, Y. H.** (2000) Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist*, 83 (4), 446–459.
<https://doi.org/10.2307/3496720>
- Wang, C. L.** (1981) Ecological Studies of Asiatic Citrus Psyllid (*Diaphorina citri* K.) with Special Reference to Its Spatial Distribution. *Journal of Agricultural Research of China*, 30 (4), 412–419.
- Wang, Y., Zhou, L., Yu, X., Stover, E., Luo, F., Duan, Y.** (2016) Transcriptome profiling of Huanglongbing (HLB) tolerant and susceptible citrus plants reveals the role of basal resistance in HLB tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 7 (1), 933.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00933>
- 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.
<https://doi.org/10.1080/09670870600872994>