

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE *DIAPHORINA CITRI* KUWAYAMA (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) EN *MURRAYA PANICULATA* (L.) JACK EN CUITLÁHUAC, VERACRUZ

LIZBETH HERNÁNDEZ-LANDA,¹ JOSÉ LÓPEZ-COLLADO,^{1*} CARLOS G. GARCÍA-GARCÍA,² FRANCISCO OSORIO-ACOSTA¹ Y MARTHA E. NAVA-TABLADA³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Veracruz–Xalapa, Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, C.P. 91690, Veracruz, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, congregación Manuel León, Córdoba, Veracruz, C.P. 94500. Apdo. Postal 143. Veracruz, México.

³El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto No.26, Zona Centro, C.P. 91000. Xalapa, Veracruz, México.

*Correspondencia: <jlopez@colpos.mx>

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* (n. s.), 29(2): 334-345.

RESUMEN. La limonaria (*Murraya paniculata*) es una planta de jardín hospedera de *Diaphorina citri*, vector del patógeno causante del Huanglongbing, enfermedad que ataca severamente a los árboles de cítricos. Por esto es relevante conocer cómo fluctúan las poblaciones del vector en zonas urbanas, que es donde se cultiva la limonaria y así planificar acciones de control y manejo. Se estudió la dinámica espacio-temporal de *D. citri* en *M. paniculata*, en Cuitláhuac, Veracruz. Se colocaron trampas amarillas de febrero 2011 a enero 2012 en arbustos de *M. paniculata* ubicados en banquetas y jardines de casas de la zona urbana. Con las capturas de psílidos adultos se realizaron mapas de isodensidades que presentan el arreglo espacial y distribución temporal de las poblaciones del insecto y se calcularon algunos índices de agregación. Se observó que *D. citri* está presente en *M. paniculata* durante todo el año y las mayores abundancias se presentaron en el centro y la periferia de Cuitláhuac, en los meses de marzo y julio. La disposición espacial de *D. citri* fue agregada de acuerdo con los índices de Green, aglomeración media, relación varianza/media, la Ley de potencia de Taylor y k de la binomial negativa. La disposición espacial fue dependiente de la densidad, a mayor densidad poblacional, mayor nivel de agregación. Se analizó el riesgo de la ocurrencia de *D. citri* en áreas urbanas como fuente de infestación para las plantaciones de cítricos cercanas a la zona urbana y empacadoras.

Palabras clave: Psílido asiático de los cítricos, Rutaceae, dinámica poblacional, jardines urbanos, dragón amarillo.

Hernández-Landa, L., López-Collado, J., García-García, C. G., Osorio-Acosta, F. & Nava-Tablada, M. E. 2013. Spatio-temporal dynamics of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:

Psyllidae) on *Murraya paniculata* (L.) Jack in Cuitláhuac, Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29(2): 334-345.

ABSTRACT. Orange jasmine (*Murraya paniculata*) is a garden host plant of *Diaphorina citri*, the vector of the pathogen that causes Huanglongbing, a lethal citrus disease. It is therefore important to know how vector populations fluctuate in urban areas over time, in order to develop control and management strategies. Here, we studied the spatio-temporal dynamics of *D. citri* on *M. paniculata* in Cuitláhuac, Veracruz by placing yellow sticky traps on *M. paniculata* shrubs from February 2011 to January 2012, located on sidewalks or in house garden across the urban area. Adult psyllid captures were used to create isodensity maps to show the spatial arrangement of insect populations and calculate some aggregation indices. *D. citri* was present on *M. paniculata* shrubs throughout the whole sampling period. The results indicated that the highest abundances occurred downtown and at the periphery during March and July. The spatial arrangement of *D. citri* was aggregated according to the Green index, mean crowding, variance-mean relationship, the Taylor Power Law and k of the negative binomial. This aggregated pattern was density-dependent, that is, the higher the population density, the higher the aggregation. We discuss the risk of occurrence of *D. citri* in urban areas as a source of infestation for citrus nearby plantations and packing warehouses.

Key words: Asian Citrus Psyllid, Rutaceae, population dynamics, urban gardens, yellow dragon.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las plagas más importantes de las rutáceas es el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vector de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB). Los daños que causa el PAC son directos e indirectos; el daño directo ocurre cuando el insecto se alimenta de la planta, ya que extrae grandes cantidades de savia e inyecta toxinas a la planta que detienen el crecimiento de los brotes y provocan la deformación de las hojas (Michaud 2004). El daño indirecto más importante es a través de la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter* de una planta a otra (Grafton-Cardwell *et al.* 2006). Para México, se cita por vez primera la presencia del PAC en el año 2002 en los estados de Campeche y Quintana Roo (López-Arroyo *et al.* 2004). Actualmente dicho vector está presente en todas las regiones citrícolas del país (López-Collado 2010, SENASICA 2010). Se han realizado diversos trabajos referentes a *D. citri*, relacionado a su desarrollo (Nava *et al.* 2010), control biológico (Qureshi *et al.* 2009), control químico (Qureshi & Stansly 2010) y dinámica poblacional (Tsai *et al.* 2002, Sétamou *et al.* 2008, Hall 2009, Costa *et al.* 2010); sin embargo, la mayoría de estos trabajos se han orientado a cítricos en áreas agrícolas (Qureshi & Stansly 2007, Pluke *et al.* 2008, Hall 2009, Costa *et al.* 2010).

El HLB es una enfermedad que afecta a la familia Rutaceae. Sus efectos son muy severos en cultivos de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), tangerina (*Citrus deliciosa*) y otras especies, entre ellas la limonaria *Murraya paniculata* (L.) Jack, la cual resulta ser una hospedera del PAC (Tsai *et al.* 2000, SENASICA 2012). La enfermedad es provocada por la bacteria gram negativa *Candidatus Liberibacter* y representa una amenaza para la producción de cítricos a nivel mundial,

ya que sus efectos son letales (Manjunath *et al.* 2008). En el año 2009 el HLB se encontró en los estados de Yucatán y Quintana Roo (Trujillo-Arriaga 2010). Puesto que México produce el 14% de los cítricos a nivel mundial, por los efectos letales que causa a las plantas infectadas, la presencia del HLB pone en riesgo la citricultura mexicana de la que dependen 69 mil productores y 154 mil empleos directos (DOF 2010). A nivel nacional, Veracruz ocupa el primer lugar en producción, con una superficie de 215,613 ha cultivadas que aportan 39% de la producción (Robles-García & Delgadillo-Villanueva 2008, DOF 2010, Salcedo-Baca *et al.* 2010) y el municipio de Cuitláhuac es uno de los principales productores de limón.

La limonaria es una rutácea arbustiva de uso ornamental (Hall 2008). Se estima que la distribución de limonaria en México abarca gran parte del país, sobre todo los estados costeros del Pacífico y del Golfo, así como de la península de Yucatán (López-Collado 2011). Es un elemento determinante en la problemática del HLB, ya que es hospedera tanto del vector como del agente causal y se considera pieza clave como reservorio de las poblaciones de *D. citri* en las zonas urbanas cercanas a zonas productoras de cítricos, cuando los brotes de cítricos comerciales no están disponibles (Tsai *et al.* 2000, Damsteegt *et al.* 2010, Salcedo-Baca *et al.* 2010). Aunado a lo anterior, *M. paniculata* es ampliamente utilizada en el paisaje urbano (Tsai *et al.* 2000). En Brasil se ha estudiado la incidencia de HLB en zonas urbanas, donde se reportó que la bacteria produce síntomas en las plantas, además de resaltar su importancia como huésped del vector así como en las epidemias de HLB (Lopes *et al.* 2010). En Florida, se estudió la disposición espacial y abundancia estacional de *D. citri* en *M. paniculata* (Tsai *et al.* 2000); también se han realizado estudios sobre el impacto del patógeno y el vector en zonas productoras de cítricos en el sur de Estados Unidos, donde se encontró que *M. paniculata* es hospedera de la bacteria y del vector (Gottwald 2007). En el municipio de Cuitláhuac en el estado de Veracruz, se estudió la abundancia poblacional de *D. citri* en cultivos de limón persa donde se encontró al psílido todo el año con altos niveles de población en meses de altas temperaturas y lluvias ocasionales (Sánchez-Borja & Bautista 2008). En octubre de 2011, se detectó en Veracruz la presencia de HLB en huertos comerciales de lima chichosa (*Citrus limetta* Risso), en la localidad de Tempoal (SENASICA 2011). Considerando que se tiene al vector en el área productiva de cítricos, es necesario que desde el punto de vista epidemiológico se identifique la importancia de hospedantes alternos ornamentales presentes en localidades habitadas, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue conocer su dinámica poblacional y su arreglo espacial en la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la localidad de Cuitláhuac, Veracruz, México (18° 48' 42" N y 96° 43' 22" O). Se seleccionaron plantas de limonaria distribuidas en la

localidad como puntos de muestreo; las plantas se eligieron siguiendo los siguientes criterios: plantas que estuvieran dentro de la zona urbana, tratando de abarcar la mayor área posible de ésta y de una altura mayor a un metro para evitar que las personas quitaran las trampas. Se colocaron cerca de 50 trampas amarillas mensualmente, una por planta, por un periodo de un año a partir del mes de febrero de 2011 y hasta enero de 2012. Las trampas se dejaron en campo por un lapso de 72 h cada mes y después se colectaron para la identificación de las capturas. Una vez colectadas las trampas, éstas se revisaron con ayuda de un microscopio estereoscópico y se contabilizaron todos los individuos adultos de PAC en las trampas.

Con base en los conteos de insectos adultos se realizaron mapas de isodensidades para los meses con mayores capturas mediante interpolación lineal inversa (Shepard 1968); las isodensidades fueron calculadas con Quantum Gis versión 1.8 y visualizadas en Google Maps. Para conocer la disposición espacial de *D. citri* se analizaron los conteos de insectos mediante el cálculo de los índices de agregación: Cx de Green (Green 1966), aglomeración media mc (Lloyd 1967), relación varianza-media (S^2/m) (Pielou 1960), k de la binomial negativa (Rojas 1964), y por el ajuste a los modelos Poisson y binomial negativa, mediante máxima verosimilitud (Bliss & Fisher 1953). El índice de Green varía de cero (arreglo aleatorio) a uno (máxima agregación), la aglomeración media indica regularidad ($mc < 1$), aleatoriedad ($mc = 1$) y agregación ($mc > 1$); el índice k tiende a cero para indicar agregación y aleatoriedad cuando sus valores son mayores a 7 (Southwood 1978). También se ajustó por regresión lineal simple la ley de la potencia de Taylor $S^2 = am^b$, que expresa la relación entre la varianza muestral (S^2) y la media muestral (m) (Taylor 1961). El modelo transformado mediante logaritmos es: $\ln(S^2) = \ln(a) + b \cdot \ln(m)$, donde el parámetro a es un factor de escala relacionado con el tamaño de la muestra, la pendiente b es un índice de agregación que indica si es una disposición uniforme, al azar o agregada cuando $b < 1$, $b = 1$, $b > 1$, respectivamente (Taylor 1961). Para la relación varianza-media se probó la hipótesis de aleatoriedad, $S^2/m = 1$ mediante una prueba de Ji cuadrada (Pielou 1960). El ajuste de los modelos Poisson y binomial negativa se hicieron con la prueba de la razón de similitud G (Sokal & Rohlf 1995). La prueba de aleatoriedad $b = 1$ de la Ley de Potencia de Taylor se hizo mediante una prueba de t (Sokal & Rohlf 1995). Todos los análisis anteriores se llevaron a cabo con SUPRA con un nivel de significancia de 1% (López-Collado 2004). Adicionalmente, se calculó el valor común de k(kc), mediante el método de regresión lineal propuesto por Bliss & Owen (1958), donde el recíproco de la pendiente ($1/\beta_1$) corresponde a kc. La estimación de los coeficientes de regresión de este modelo y su significancia se hizo con Matemática 8.01(Wolfram 2011).

RESULTADOS

Los mapas de isodensidades donde se muestran los arreglos poblacionales de *D. citri* en la zona urbana de Cuitláhuac, se presentan en la Fig. 1. En febrero casi no se registraron capturas, mientras que en marzo (fig. 1A) hubo altas densidades en la zona norte principalmente; en abril y mayo las densidades disminuyeron y el foco de infestación apareció en la zona sureste. En junio y julio comenzaron a incrementarse

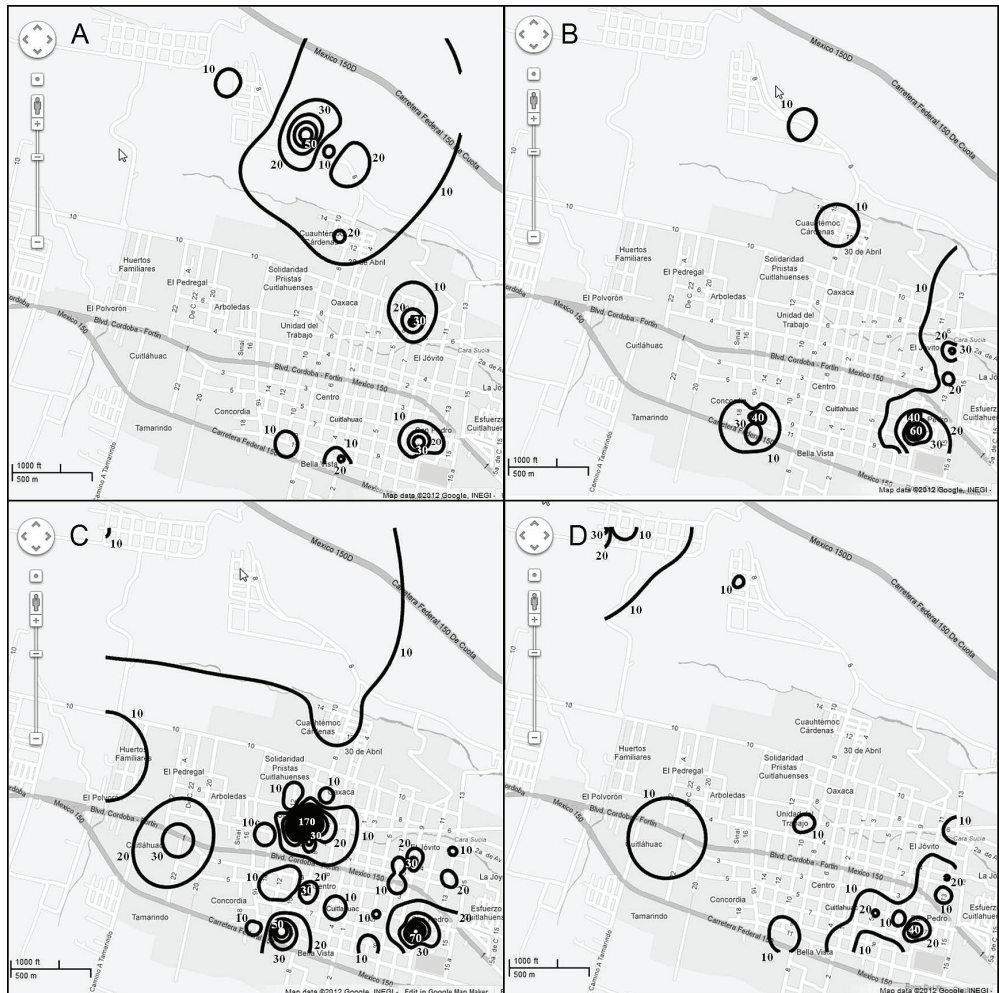


Figura 1. Distribución espacio-temporal de *Diaphorina citri* en la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz. Las curvas y los números asociados en cada mapa representan las isodensidades de población (adultos/trampa) para los siguientes meses: A. Marzo, B. Junio, C. Julio y D. Agosto.

las poblaciones, sobre todo en la zona sureste y luego en el centro (Figs. 1B, 1C). Por otra parte, en agosto todavía hubo algunos sitios con altas densidades (Fig. 1D), sobre todo en las plantas que se examinaron de la zona noroeste y sureste, mientras que en septiembre las densidades disminuyeron, lo mismo ocurrió en octubre, noviembre, diciembre y enero.

La distribución temporal de las densidades de *D. citri* por trampa se presenta en la Fig. 2. Se observan dos picos poblacionales, uno en el mes de marzo y otro de junio a agosto, durante el verano. Estos picos ocurrieron en dos zonas diferentes, la primera en la zona norte y la segunda en diferentes zonas (centro, norte y sur) (Fig.1). También se observa que los valores más bajos se presentaron en los meses de invierno. Estos resultados indican que la ocurrencia y distribución de las poblaciones de *D. citri* en la zona urbana de Cuitláhuac es variable y depende de la época del año. *D. citri* está presente todos los meses en limonaria pero sus mayores abundancias se presentaron en las plantas ubicadas en las zonas norte, centro y sur de la localidad durante primavera y verano.

Los índices de agregación se enlistan en el Cuadro 1. El índice de Green tuvo siempre valores mayores a cero, indicando agregación, con un valor máximo en julio; en el caso de la aglomeración media, sus valores también señalaron agregación, pues siempre fueron mayores a uno. La relación varianza-media indicó agregación en todos los meses de muestreo, mientras que el índice k siempre fue menor a siete y señaló una disposición agregada (Southwood 1978). Asimismo, el modelo binomial negativo tuvo ajuste a los conteos en todos los meses excepto en el mes de marzo. En el caso de la distribución Poisson, únicamente hubo ajuste en los meses de febrero, diciembre y enero. Sin embargo, en estos meses, los otros índices señalaron agregación,

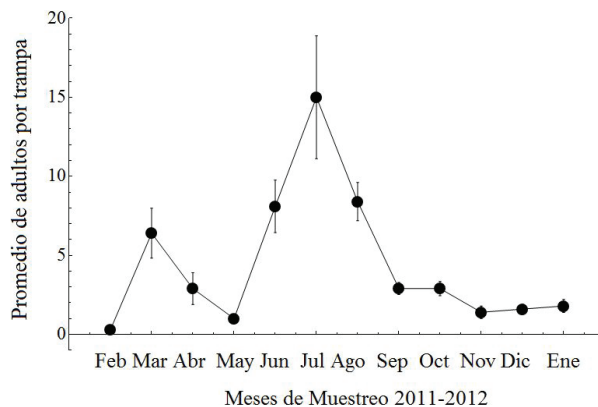


Figura 2. Distribución temporal de *Diaphorina citri*. Los puntos indican el promedio de capturas de adultos por trampa, las líneas verticales indican el error estándar de la media.

Cuadro 1. Número de trampas (n) examinadas e índices de agregación de las poblaciones de *D. citri* en Cuitláhuac, Ver. Años 2011-2012.

Mes	n	Aglomeración media (mc)	Índice de Green (Cx)	Relación varianza-media (S^2/m)	k (Binomial negativa)
Febrero	46	4.4	0.07	4.0 **	0.15
Marzo	51	26.9	0.38	20.0 **	0.49
Abril	51	22.3	0.34	18.0 **	0.50
Mayo	51	3.5	0.05	3.3 **	0.34
Junio	51	25.5	0.33	17.4 **	0.77
Julio	51	69.8	1.00	51.4 **	0.66
Agosto	49	16.3	0.16	8.5 **	1.26
Septiembre	49	4.4	0.03	2.5 **	1.57
Octubre	50	5.5	0.05	3.5 **	0.96
Noviembre	49	6.2	0.09	5.3 **	0.33
Diciembre	47	3.4	0.04	2.7 **	0.90
Enero	46	5.3	0.07	4.2 **	0.76

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

por tanto, pudiera considerarse como un patrón de agregación moderada en este periodo. Por los valores observados de los índices, marzo, abril, junio y julio fueron los meses que presentaron mayor agregación, correspondientes a densidades intermedias y altas (Fig. 1). Considerando lo anterior, se puede decir que la disposición espacial de *D. citri* en *M. paniculata* en la zona urbana de Cuitláhuac presenta una distribución agregada de variable intensidad durante el año. Es decir, a mayores densidades, la agregación de los individuos fue mayor.

En cuanto a la Ley de la Potencia de Taylor (Fig. 3), el modelo $S^2 = 3.8m^{1.64}$ fue significativo ($F_{1,10} = 67.9$, $p < 0.01$, $r^2 = 0.87$). El valor de $b = 1.64$, significativamente mayor que uno ($t_{10} = 3.2$, $p < 0.01$), indica una distribución agregada de *D. citri* en las plantas de limonaria. Como se mencionó previamente, este modelo y la relación varianza-media indican que a altas densidades, se presenta una mayor agregación. El valor de $k_c(1/\beta_1)$ fue de 0.29, siendo el intercepto no diferente de cero ($t_{10} = -1.06$; $p = 0.3104$) y el modelo de regresión fue significativo ($t_{10} = 11.65$; $p < 0.01$; $r^2 = 0.93$). Estos dos índices (b y k_c) concuerdan los otros en señalar una agregación de las poblaciones de *D. citri*.

DISCUSIÓN

La distribución temporal de las densidades de *D. citri*, mostró dos picos poblacionales, similar a lo encontrado por Sánchez-Borja & Bautista (2008), quienes reportaron

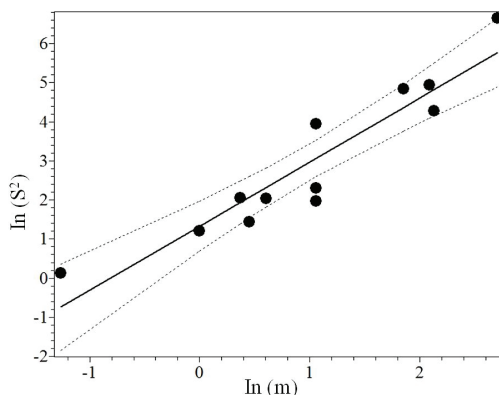


Figura 3. Ajuste de la Ley de la Potencia de Taylor: $\ln(S^2) = \ln(3.8) + 1.64 \cdot \ln(m)$. Los puntos representan los valores observados, la línea continua es el modelo de Taylor. Las líneas punteadas representan el intervalo de confianza al 95%.

los niveles más altos de población en los meses de mayo, junio y julio en el año 2007 en muestreos realizados en limón persa. Por otra parte, Chong *et al.* (2010), quienes estudiaron este insecto en las zonas residenciales de varias localidades de Florida, hallaron las densidades más altas en mayo y también encontraron poblaciones todo el año aunque no identificaron un patrón consistente en la fluctuación poblacional. La divergencia de dichos resultados con los de la presente investigación se debe posiblemente a diferencias en el método de muestreo, ya que ellos hicieron conteos directos en brotes. Alternativamente, estas variaciones pueden deberse a patrones climáticos distintos en las áreas de muestreo.

En cuanto a la distribución que presenta *D. citri*, nuestros resultados concuerdan con los patrones de agregación encontrados por diversos autores. Para cultivos de naranja en Brasil, Costa *et al.* (2010) encontraron valores del exponente b de Taylor de 1.25 a 1.47 para adultos en brotes y un valor de kc de 1.08. Otro trabajo realizado por Tsai *et al.* (2000) sobre la disposición espacial del PAC en limonaria, reportaron un valor de b de la potencia de Taylor de 1.29 y un valor de kc de 1.27. Asimismo, en toronja se encontró un valor de b de Taylor de 1.4 (Sétamou *et al.* 2008). Finalmente, Soemargono *et al.* (2008) estimaron un valor de $b = 1.56$ en limonaria; en todos los casos los valores de estos índices son similares a los calculados en este trabajo, pues indican agregación de las poblaciones de adultos del PAC. Cabe destacar que, en la presente investigación, tanto b como kc presentaron valores que indican una mayor agregación que los reportados previamente. Las posibles causas de agregación se pueden atribuir al comportamiento, biología reproductiva o a alguna heterogeneidad del medio ambiente como microclima, la parte preferida de la planta o a enemigos naturales (Southwood 1978, Costa *et al.* 2010). Es probable que la agregación de

los adultos se derive de la preferencia de ninfas por los brotes de limonaria y otros cítricos (Tsai *et al.* 2002), debido a que su comportamiento de dispersión es limitado (Kobori *et al.* 2011). También es posible que los adultos que emerjan de los brotes sean capturados por las trampas puestas en los mismos.

Las poblaciones encontradas pueden servir como focos de infestación a plantaciones de cítricos aledaños a la localidad de Cuitláhuac. El municipio de Cuitláhuac tiene 1265 ha sembradas de limón (SIAP 2010) y algunas de estas plantaciones son contiguas a la zona urbana. Por ejemplo, en la zona norte de la ciudad se encuentran huertos de cítricos, principalmente de lima o limón persa. De acuerdo con nuestros resultados, estas huertas corren un riesgo mayor de infestación de HLB por la presencia de *D. citri* en las plantas de limonaria, pues se ha reportado que *D. citri* tiene la capacidad de desplazarse entre 60 y 100 m de una huerta a otra (Boina *et al.* 2009). Así también, es posible que el viento pueda servir como agente de dispersión (Kobori *et al.* 2011), considerando que Cuitláhuac se ubica a 50 km. en la parte central del Golfo de México y con patrones moderados de viento (Hernández-Escobedo *et al.* 2012). Algo interesante es que en la zona centro de Cuitláhuac casi no se encontraron poblaciones de *D. citri*, excepto en julio, cuando hubo el mayor pico poblacional. Por otra parte, las poblaciones de *D. citri* en plantas de limonaria de la zona urbana no solamente pueden afectar huertos comerciales adyacentes, sino otros cítricos de la misma zona y a las empacadoras de cítricos, principalmente de limón persa, que allí también se encuentran. En el caso de Cuitláhuac, hay 23 empacadoras en la zona urbana, principalmente en la periferia, por tanto, se encuentran expuestas a un riesgo infestación de HLB por los adultos que se dispersen de las plantas de limonaria o de otros cítricos. Por su importancia económica, la inspección de *D. citri* y limonaria para detección de HLB en zonas urbanas está considerada en los protocolos de muestreo de la Dirección General de Sanidad Vegetal (Robles-García & Delgadillo-Villanueva 2008) y, en caso de que se lleven a cabo medidas de control de *D. citri*, sería recomendable poner mayor énfasis en las zonas periféricas urbanas, dado el mayor riesgo de desplazamiento a plantaciones adyacentes.

En conclusión, se encontró que los adultos de *D. citri* se localizan preferentemente en los arbustos de limonaria en el centro y la periferia de la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz. Las capturas reflejaron dos picos poblacionales, uno en marzo y el mayor en julio y las poblaciones del vector de HLB se encuentran en una disposición espacial agregada. La presencia de *D. citri* representa un riesgo para huertos comerciales aledaños a la zona urbana y para las empacadoras de cítricos establecidas en la ciudad.

AGRADECIMIENTOS. La investigación fue apoyada parcialmente con fondos del Proyecto FON-SEC SAGARPA-CONACYT número 2009-108591 y por el fideicomiso institucional 2011 del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Bliss, C.I. & Fisher, R.A.** 1953. Fitting the negative binomial distribution to biological data and note on the efficient fitting of the negative binomial. *Biometrics*, 9:176- 200.
- Bliss, C.I. & Owen, A.R.G.** 1958. Negative binomial distributions with a common K. *Bometrika*, 45: 37-58.
- 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*, 38:1250-1258.
- Chong, J., Roda, A.L. & Mannion, C.M.** 2010. Density and natural enemies of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), in the residential landscape of southern Florida. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 27: 33-49.
- 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: 546-554.
- Damsteegt, V.D., Postnikova, E.N., Stone, A.L., Kuhlmann, M., Wilson, C., Sechler, A., Schaad, N.W., Brlansky, R. H. & Schneider, W. L.** 2010. *Murraya paniculata* and related species as potential hosts and inoculum reservoirs of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, causal agent of Huanglongbing. *Plant Disease*, 94:528-533.
- DOF.** Diario Oficial de la Federación. 2010. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* sp.) y su vector. Primera Sección.
- Gottwald, T.R.** 2007. Citrus canker and citrus huanglongbing, two exotic bacterial diseases threatening the citrus industries of the western hemisphere. *Pest Management*, 18:274-279.
- Grafton-Cardwell, E.E., Godfrey, E.K., Rogers, M.E., Childers, C.C. & Stansly, P.A.** 2006. Asian Citrus Psyllid. University of California Agriculture and Natural Resources Publication. Publication 8131.Oakland CA. 8pp. (En línea). Disponible en: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8205.pdf> (Consulta: 09-10-2010).
- Green, R.H.** 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Researches on Population Ecology*, 8: 1-7.
- Hall, D.G.** 2008. Biology, history and world status of *Diaphorina citri*. In: *1er Taller Internacional sobre huanglongbing de los cítricos (Candidatus Liberibacter spp.) y el psílido asiático de los cítricos (Diaphorina citri)*, Hermosillo, Sonora, México.
- Hall, D.G.** 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology*, 102: 446-452.
- Hernández-Escobedo, Q., Espinosa-Arenal, F.&Saldaña-Flores, R.** 2012. Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México. *Dyna*, 79: 215-221.
- 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*, 46:27-30.
- Lloyd, M.** 1967. "Mean crowding". *Journal of Animal Ecology*, 36:1-30.
- Lopes, S.A., Frare, G.F., Camargo, L.E.A., Wulff, N.A., Texeira, D.C., Bassanezi, R.B., Beattie, G. A.C. & Ayres, A.J.** 2010. Liberibacters associated with orange jasmine in Brazil: incidence in urban areas and relatedness to citrus liberibacter. *Plant Pathology*, 59: 1044-1053.
- López-Arroyo, J.I., Peña, M.A., Rocha-Peña, M.A. & Loera, J.** 2004. Occurrence of the asiaticus citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Mexico, pp. 179. In: *Proceedings of the XVI Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. November 7-13, 2004. Montreux, N.L. México.

- López-Collado, J.** 2004. SUPRA®. *Surface response program for the analysis of spatial data*. Colegio de Postgraduados. Veracruz.
- López-Collado, J.** 2010. Análisis de riesgo de *Diaphorina citri* y HLB en México. In: *1er simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México*. Monterrey, México.
- López-Collado, J.** 2011. Distribución potencial de limonaria en México. In: *XXIV Reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria Veracruz*. Xalapa, Veracruz.
- Manjunath, K.L., Halbert, S.E., Ramadugu, C., Webb, S., & Lee, R. F.** 2008. Detection of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus Huanglongbing in Florida. *Phytopathology*, 98:387-396.
- Michaud, J.P.** 2004. Natural mortality of asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*, 29:260-269.
- Nava, D.E., Gómez-Torres, M.L., Rodrigues, M. D., Bento, J.M.S., Haddad, M.L. & Parra, J.R.P.** 2010. The effect of host, geographic origin, and gender on the thermal requirements of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*, 39:678-684.
- Pielou, E.C.** 1960. A single mechanism to account for regular, random and aggregated populations. *Journal of Ecology*, 48: 575-584.
- Pluke, W.H., Qureshi, J.A. & Stansly, P.A.** 2008. Citrus Flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 91:36-42.
- Qureshi, J.A. & Stansly, P. A.** 2007. Integrated approaches for managing the asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Florida. In: *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 120:110-115.
- Qureshi, J.A. & Stansly, P. A.** 2010. Dormant season foliar sprays of broad-spectrum insecticides: An effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Crop Protection*, 29:860-866.
- Qureshi, J.A., Rogers, M.E., Hall, D.G. & Stansly, P.A.** 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida Citrus. *Journal of Economic Entomology*, 102: 247-256.
- Robles-García P. & Delgadillo-Villanueva, I.** 2008. *Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing*. SAGARPA-SENASICA. Dirección de Protección Fitosanitaria. México, D.F.
- Rojas, B.A.** 1964. La binomial negativa y la estimación de intensidad de plagas en el suelo. *Fitotecnia Latinoamericana*, 1:27-36.
- Salcedo-Baca, D., Hinojosa, R.A., Mora-Aguilera, G., Covarrubias-Gutiérrez, I., DePaolis, J.R., Mora-Flores, J.S. & Cintora-González, C. L.** 2010. *Evaluación del impacto económico de la enfermedad de los cítricos Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) 141 pp.(en línea) Disponible en: <http://cef-profit.com/Resumen%20ejecutivo%20impactos%20HLB.pdf> (Consulta: 24-11-2010).
- Sanchez-Borja, M. & Bautista, N.** 2008. Fluctuación poblacional del psílido de los cítricos en Cuitláhuac, Veracruz. *Entomología Mexicana*, 7:4.
- Sétamou, M., Flores, D., French, J.V. & Hall, D. G.** 2008. Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology*, 101:1478–1487.
- SENASICA**, 2010. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Huanglongbing. Comunicaciones, notificaciones y noticias sobre HLB y su vector (en línea) disponible en <http://www.senasica.gob.mx/?id=2505> (Consulta: 09-10-2010).

- SENASICA**, 2011. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Comunicaciones, notificaciones y noticias sobre el HLB y su vector. Comunicado de la detección de HLB en Veracruz.pdf. <http://www.senasica.gob.mx/?id=2505> (Consulta: 21-03-2012).
- SENASICA**, 2012. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Huanglongbing de los cítricos. Ficha técnica. Información relacionada con el HLB y su vector. pdf. <http://www.senasica.gob.mx/?id=1013> (Consulta: 21-03-2012).
- Shepard, D.** 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *In: Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517–524.
- SIAP**, 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema producto: Limón Mexicano. Producción Agrícola. Ciclo: cíclicos y perennes 2010. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_sispro/index.php?portal=limon (Consulta: 21-03-2012).
- 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*, 19:9-19.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J.** 1995. *Biometry*. W.H. Freeman. New York.
- Southwood, T.R.E.** 1978. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*, 2nd ed. Chapman and Hall, London.
- Taylor, L.R.** 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189:732-735.
- Trujillo-Arriaga, J.** 2010. Situación actual, regulación y manejo del HLB en México. *In: 2° Taller internacional sobre el Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos*. Mérida, Yucatán, México.
- Tsai, J.H., Wang, J. & Liu, Y.** 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist*, 83:446-459.
- Tsai, J.H., Wang, J. J. & Liu, Y.H.** 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, 85:446–451.
- Wolfram Research.** 2011. *Mathematica 8.01*. Wolfram Research. Champaign, Illinois. U.S.A.