



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

FLUCTUACIÓN REGIONAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama EN LA ZONA

CENTRO DE VERACRUZ

LIZBETH HERNÁNDEZ LANDA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

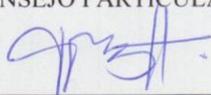
DOCTORA EN CIENCIAS

**TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO
2017**

La presente tesis titulada **Fluctuación regional de *Diaphorina citri* Kuwayama en la zona centro de Veracruz**, realizada por la alumna **Lizbeth Hernández Landa**, bajo la dirección del Consejero Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

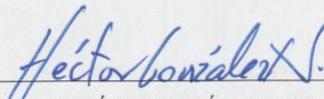
DOCTORA EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JOSÉ LÓPEZ COLLADO

ASESOR:



DR. HÉCTOR GÓNZALEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



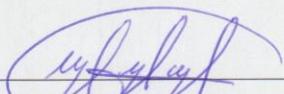
DRA. MÓNICA DE LA CRUZ VARGAS MENDOZA

ASESOR:



DR. FRANCISCO OSORIO ACOSTA

ASESOR:



DRA. MARTHA ELENA NAVA TABLADA

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 30 de junio de 2017

FLUCTUACIÓN REGIONAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama EN LA ZONA CENTRO DE
VERACRUZ

Lizbeth Hernández Landa, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2017

En México, los estudios para conocer la fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* se han realizado generalmente en cultivos de cítricos y pocos se han enfocado en evaluar la presencia del vector en zonas urbanas o la interacción entre cultivos. Tampoco se ha evaluado la percepción sobre la campaña de Huanglongbing de los cítricos y su vector *D. citri* por parte de actores relevantes. Por tales motivos, se estudió la dinámica poblacional de *D. citri* en plantas de limonaria en la zona urbana de Cuitláhuac, Ver. También se evaluó el conocimiento de empleados de empacadoras de limón y de propietarios de limonaria acerca de estrategias del Gobierno Federal sobre temas relacionados con el control del vector y de sus plantas hospederas. Finalmente, se midió la fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de limonaria de zonas urbanas en la zona centro de Veracruz y plantas de limón persa ubicadas en huertas comerciales aledañas a éstas. Se encontró que los adultos de *D. citri* se localizan en todas las áreas de muestreo en ambas hospederas durante todo el año, que las poblaciones aumentan con el incremento de brotes y temperatura. Se encontró también que ambos grupos de entrevistados poseen información sobre temas relacionados con la campaña y su vector. El factor abiótico con mayor impacto sobre las poblaciones es el de planta hospedera, así como brotes y temperatura.

Palabras clave: Huanglongbing, limonaria, *Murraya paniculata*, dinámica poblacional, zonas urbanas, cítricos.

REGIONAL FLUCTUATION OF *Diaphorina citri* IN CENTRAL VERACRUZ, MEXICO

Lizbeth Hernández Landa, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2017

In Mexico, most of the research related to *Diaphorina citri* have been carried out in citrus crops and few have focused on evaluating the population dynamics of the vector in urban areas or its interaction between different host. Also, it is unknown how the national campaign against Huanglongbing (HLB) and its vector *D. citri* is perceived by the owners of orange jasmine plants in urban areas. For these reasons, we studied the population dynamic of *D. citri* in orange jasmine plants in the urban area in Cuitlahuac Veracruz, as well as the appraisal of the knowledge by inhabitants of an urban area near Persian lime producing groves, related to the management of HLB and its host plants. Finally, I evaluated the population dynamics of *D. citri* in urban areas of Central Veracruz and Persian limes plants in contiguous orchards. It was found that the *D. citri* adults were present in all the sampling areas in both hosts, that the population increases with the increase of flushes and temperature. Also, it was found that both groups of interviewed people have information about issues related with the campaign and the vector. The abiotic factor with the greatest impact on *D. citri* populations is the host plant, as well as the number of flushes and temperature.

Key words: Huanglongbing, orange jasmine, *Murraya paniculata*, population dynamic, urban areas, citrus.

DEDICATORIA

No existe la palabra, el tiempo, ni la forma para expresar la calidad de sentimiento y amor de madre que brindas. Dedicado a ti Blanquita con todo mi amor.

A José, me has dado lo más preciado en la vida y haces que día a día mi vida sea mejor a tu lado.

Gracias por apoyarme en todo y motivarme a concluir ésta tarea, te amamos.

A mis amados hermanos y sobrinos.

A Álvaro, contigo aprendí del amor a primera vista, de ese amor que no se acaba. Gracias hijo por darme el título más importante en mi vida.

A Midela y a Oscar por el cariño sin reservas que siempre me brindan.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca número 243576 otorgada para realizar mis estudios de postgrado, así como a todos los contribuyentes de este país que hacen posible la existencia de dicha beca.

Al Colegio de Postgraduados por financiar parte de la investigación con el Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión No. 167304 para el establecimiento y operación de los fondos para la investigación científica y desarrollo tecnológico del centro público Colegio de Postgraduados.

A mi Profesor Consejero, Dr. José López Collado por guiarme en este trabajo y mostrarme con el ejemplo que siendo constante no hay tarea imposible de realizar. Gracias por su paciencia y por tantas horas de grata convivencia; llegue al Colegio buscando un profesor y me voy con un amigo.

A los miembros de mi Consejo particular, Dr. Francisco Osorio Acosta, Dra. Martha Elena Nava tablada, Dra. Mónica de la C. Vargas, Dr. Héctor Hernández González, así como al M.C. Carlos Gilberto García García, gracias a cada uno por sus asesorías y su entusiasta participación en la redacción de cada uno de los capítulos de este trabajo.

A los profesores de Maestría y de Doctorado del postgrado en Agroecosistemas Tropicales del Campus Veracruz, quienes siempre tienen abiertas sus puertas para todos los estudiantes.

Agradezco a cada uno de mis compañeros de postgrado que dedicaron valiosas horas para acompañarme en los recorridos de campo, en especial al M.C. Abraham Beltrán Melgarejo quien fue mi compañero de muestreo en la primera etapa de la investigación. A Juan Carlos García por su ayuda al aclarar cada duda cuando se trataba de escribir en R.

Un agradecimiento muy especial a todos mis amigos que laboran en el Campus Veracruz, ya que sin su ayuda y compañía mi estancia a lo largo de todos estos años en Colegio no hubiera sido tan placentera.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	2
2. Preguntas de investigación.....	3
3. Hipótesis	4
3.1. Hipótesis General.....	4
3.2. Hipótesis Particulares.....	4
4. Objetivos.....	5
4.1. Objetivo General.....	5
4.2. Objetivos Particulares.....	5
5. Revisión de Literatura.....	6
5.1. Cítricos.....	6
5.2 <i>Diaphorina citri</i>	7
5.3. Huanglongbing.....	8
5.4 <i>Murraya paniculata</i>	9
6. Literatura Citada.....	10
CAPÍTULO I. DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA (HEMIPTERA: PSYLLIDAE) EN <i>Murraya paniculata</i> (L.) JACK EN CUITLÁHUAC, VERACRUZ	14
Resumen.....	15
Abstract.....	16
1.1. Introducción.....	17
1.2. Materiales y Métodos.....	19
1.3. Resultados.....	21
1.4. Discusión.....	25
1.5. Agradecimientos.....	29
1.6. Literatura Citada.....	29
CAPÍTULO II. PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL HUANGLONGBING POR AGENTES RELEVANTES EN ZONAS URBANAS	34
Resumen.....	35
Abstract.....	36

2.1. Introducción.....	37
2.2. Materiales y Métodos.....	39
2.3 Resultados y Discusión.....	40
2.4. Conclusiones.....	44
2.5. Agradecimientos.....	44
2.6. Literatura Citada.....	44

CAPÍTULO III EFECTO DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN LA FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EN DOS HOSPEDERAS RUTÁCEAS..... 47

Resumen.....	48
Abstract.....	49
3.1. Introducción.....	50
3.2. Materiales y Métodos.....	53
3.3 Resultados y discusión.....	56
3.4. Conclusión.....	67
3.5. Agradecimientos.....	68
3.6. Literatura Citada.....	68

CONCLUSIONES GENERALES..... 73

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.1. Número de trampas (n) examinadas e índices de agregación de las poblaciones de <i>D. citri</i> en Cuitláhuac, Ver. Años 2011-2012.....	24
Cuadro 2.1. Proporción de respuesta de los dos grupos de entrevistados y significancia de la prueba de Z.....	43
Cuadro 3.1. Localidades, altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), distancia entre cada zona urbana y su parcela correspondiente (km), clave de identificación y ubicación geográfica de los sitios de muestreo.....	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura I. Huevos y ninfas de <i>Diaphorina citri</i>	8
Figura 1.1. Distribución espacio-temporal de <i>Diaphorina citri</i> 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.....	22
Figura 1.2. Distribución temporal de <i>Diaphorina citri</i> . Los puntos indican el promedio de capturas de adultos por trampa, las líneas verticales indican el error estándar de la media.....	24
Figura 1.3. 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%.....	26
Figura 2.1. Atributos sociodemográficos de los entrevistados. Porcentaje de hombres, edad y escolaridad promedio.....	41
Figura 3.1. Porcentaje total de capturas de <i>D. citri</i> en cinco localidades del centro de Veracruz. Limón (LM) y limonaria (OJ), de septiembre de 2012 a agosto de 2014. El encabezado de las figuras corresponde a las claves de las localidades. Los números corresponden al porcentaje de capturas en limón..	57
Figura 3.2. Fluctuación poblacional de las capturas de <i>D. citri</i> por hospedera, barras blancas= limón (LM), barras negras= limonaria (OJ). En el eje horizontal se presentan los meses del año y en el eje vertical se presentan los totales de captura para cada año de muestreo. Cada columna se refiere a una localidad.....	58
Figura 3.3. Dinámica temporal de brotes jóvenes en limonaria (OJ) y limón (LM) en las cinco localidades de muestreo durante los años 2012-2014.....	60

Figura 3.4.	Relación entre el número total de adultos de <i>D. citri</i> capturados en trampas y el número total de brotes en las dos especies hospederas, plantas de limón (LM) y plantas de limonaria (OJ). Los símbolos representan las localidades de muestreo.....	61
Figura 3.5.	Gráficas de violín que representan las distribuciones de las temperaturas registradas durante el periodo de monitoreo (2012-2014) para las localidades donde se realizó el muestreo de <i>D. citri</i> . Las líneas punteadas representan las temperaturas umbrales mínimas y máximas de desarrollo....	63
Figura 3.6.	Gráfica de violín que representa la distribución de los valores de humedad relativa (%) durante el periodo de monitoreo (2012-2014) para cada una de las localidades.....	64
Figura 3.7.	Distribución bi-dimensional kernel de las capturas (> 0) de <i>D. citri</i> en limón (LM) y limonaria (OJ) en función de la humedad relativa (HR%) y temperatura (TEMP, °C). Los números indican el número de insectos adultos capturados para la combinación respectiva de HR y temperatura.....	65
Figura 3.8.	Distribución de muestreo bootstrap no paramétrico (puntos) de los parámetros: hospedera= OJ-LM, brote= FLUSH, temperatura= TEMP, humedad relativa= HR, Tiempo= TIME) del modelo lineal mixto que afectan las poblaciones de adultos de <i>D. citri</i> . Las líneas horizontales representan los límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%). El punto negro en cada una de las líneas indica el valor de la media para cada uno de los parámetros.....	67

INTRODUCCIÓN GENERAL

En el mundo, según la FAO, se producen alrededor de 16 millones de toneladas de limones y limas, de las cuales México aporta aproximadamente el 12%, con una producción en el año 2014 de más de 2 millones de toneladas, colocándose en el segundo lugar de producción a nivel mundial (FAOSTAT, 2017). Por su parte, el estado de Veracruz se ubica como el segundo productor de limón a nivel nacional (SIAP, 2017). Por lo anterior, la citricultura en México se considera una actividad de gran importancia económica; sin embargo, dicha actividad se encuentra amenazada desde el año 2002 por la introducción de *Diaphorina citri*, vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs), asociada a la enfermedad conocida como “Huanglongbing” (HLB). Esta enfermedad se reportó por primera vez en México en el año 2009 (SENASICA, 2011).

La presencia del HLB en zonas citrícolas, causa importantes pérdidas económicas por la mortalidad y reducción en el rendimiento de las plantas de cítricos (French *et al.* 2001). Esto ha llevado a que la mayoría de los estudios a nivel mundial sobre *Diaphorina citri* se realicen en zonas de producción citrícola, abordando temas relacionados con el control biológico (Qureshi *et al.* 2009), control químico (Qureshi y Stansly 2010) y dinámica poblacional (Tsai *et al.* 2002, Teck *et al.* 2011, Sétamou *et al.* 2008, Hall 2009) entre otros. En cuanto al HLB y su interacción con limonaria, en otros países se han realizado algunos estudios para conocer la incidencia de la enfermedad en dicha planta (Damsteegt *et al.* 2010, Lopes *et al.* 2010), también se han estudiado las poblaciones de *D. citri* en plantas de limonaria en zonas residenciales (Chong *et al.* 2010). Mientras que en México, se ha estudiado la distribución de *D. citri* en zonas urbanas (Hernández-Landa *et al.* 2013), así como en áreas para su desarrollo potencial (López-Collado *et*

al. 2013). Las investigaciones sobre el vector y su relación con aspectos ecológicos son pocas, algunas se han llevado a cabo para conocer la relación entre el aumento de las poblaciones del vector y la abundancia y/o presencia de brotes en las plantas hospederas, así como la relación con el aumento de temperatura (Pluke *et al.* 2008, Ortega-Arenas *et al.* 2013, Sule y Muhamad, 2014, Hijam y Sharma 2014). En cuanto a la percepción de la problemática del HLB por agentes relevantes, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), realizó una evaluación de la Campaña contra el HLB (Salcedo-Baca *et al.* 2010), la cual se enfocó en medir aspectos en los productores citrícolas; sin embargo, con agentes asociados a zonas urbanas como propietarios de plantas de limonaria y miembros de las empacadoras de cítricos, poco se ha investigado en relación a diferentes aspectos de la Campaña Fitosanitaria de Prioridad Nacional contra el HLB. Esto es relevante, ya que desde el punto de vista epidemiológico, resulta necesario reconocer la importancia de los hospedantes alternos ornamentales presentes en zonas urbanas y la actitud y conocimiento de las personas hacia esta problemática.

Por lo anterior este trabajo se realizó para conocer cómo fluctúan las poblaciones de *D. citri* en zonas urbanas y parcelas de limón Persa cercanas a éstas, cómo influyen los factores abióticos en estas dinámicas y conocer la percepción de las personas propietarias de limonarias y administradores de empacadoras sobre temas relacionados con la enfermedad, el vector y la planta hospedera limonaria.

1. Planteamiento del problema

En México, se han realizado diferentes estudios sobre la distribución y fluctuación de *D. citri*, principalmente en zonas de producción citrícola, pero poco se conoce sobre el comportamiento

de las poblaciones del psílido en plantas de limonarias de zonas urbanas cercanas a zonas de producción citrícola. Puesto que la limonaria es una planta hospedera importante tanto del HLB como de *D. citri*, es necesario conocer la abundancia y arreglo espacial del vector en las zonas urbanas, así como la posible sincronización de las poblaciones en dichas zonas y parcelas de cítricos. Todo esto para ayudar a estimar los riesgos de infestación cruzada, es decir, del potencial movimiento del vector de zonas urbanas a parcelas productivas y viceversa.

Por lo tanto, el monitoreo tanto de zonas urbanas como de huertas comerciales, son elementos relevantes en el manejo de la enfermedad, debido a que el estado de Veracruz es un importante productor de limón Persa nivel nacional. Existen ya algunos sitios donde el HLB se ha detectado y los municipios productores de cítricos cuentan con poblaciones que tienen limonaria en sus jardines públicos o privados. De manera particular en la región central del estado, se ubican importantes zonas productoras de cítricos, así como un número significativo de empacadoras de limón Persa para consumo nacional e internacional. Por lo anterior, la generación de información sobre este tema servirá para comprender mejor el comportamiento de la plaga, así como también la información será de utilidad para los planes de manejo tanto del vector como de las plantas hospederas.

2. Preguntas de investigación

¿Cuándo y dónde se presentan las poblaciones más abundantes de *Diaphorina citri* dentro zonas urbanas del centro de Veracruz?

¿Cómo fluctúan las poblaciones de *Diaphorina citri* en limón Persa y limonaria y que factores afectan positivamente dichas poblaciones en la zona centro de Veracruz?

¿Qué información poseen los propietarios de limonarias de zonas urbanas y los encargados de empacadoras de limón Persa de la zona centro de Veracruz, sobre temas relacionados con HLB, *Diaphorina citri* y limonaria?

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis General

La fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de limonaria de la zona urbana es similar a la que se presenta en huertas de limón Persa y los factores bióticos y abióticos influyen en sus poblaciones. Además, el grado de conocimiento sobre el vector y el HLB es mayor en personas asociadas al procesamiento de los cítricos que los propietarios de limonaria.

3.2. Hipótesis particulares

- La dinámica poblacional de *D. citri* en limonaria (*Murraya paniculata*) de la zona urbana de la localidad de Cuitláhuac, Veracruz, tiene relación con la época del año.
- La disposición espacial de *D. citri* en *M. paniculata* se presenta en agregados.
- Los habitantes de la localidad de Cuitláhuac, Veracruz, estarán de acuerdo en eliminar las plantas de limonaria si se les informa que son hospederas de una plaga que afecta la producción de cítricos.
- La temperatura, humedad relativa, tiempo de muestreo, número de brotes vegetativos, así como la especie de las plantas hospederas afectan positivamente las poblaciones de *D. citri*.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Evaluar la dinámica poblacional regional de *Diaphorina citri* en plantas de limonarias (*Murraya paniculata*) en zonas urbanas y en plantas de limón Persa de huertos comerciales en localidades de la zona centro del estado de Veracruz y analizar la percepción de propietarios de *M. paniculata* y personal de empacadoras de cítricos de las zonas urbanas respecto a la problemática del HLB.

4.2. Objetivos Particulares

- Conocer la dinámica poblacional y el arreglo espacial de *D. citri* en la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz.
- Conocer la actitud de los pobladores de las zonas urbanas cercanas a las zonas de producción de cítricos, acerca de estrategias del Gobierno Federal en cuanto al control del vector, de sus plantas hospederas y su disposición para la sustitución de la limonaria por otras plantas no hospederas del vector ni de HLB; así como también conocer el valor económico y/o cultural que tienen para ellos las plantas de limonaria.
- Medir la fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de limonaria de zonas urbanas del centro de Veracruz y plantas de limón Persa ubicadas en huertos comerciales aledañas, así como los factores ambientales que afectan estas poblaciones.

5. Revisión de literatura

5.1. Cítricos

Los cítricos son plantas del genero *Citrus* L. pertenecientes a la familia Rutaceae. Son arbustos o arboles de pequeña a mediana talla cultivados a través de los trópicos y subtrópicos, nativos de India, China y del norte de Australia los cuales se han adaptado a diferentes ambientes y suelos (Manner *et al.* 2006). El limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), tiene valor económico ya que genera divisas para los productores y de esta actividad se derivan cientos de empleos. Este fruto es seleccionado por su excelente calidad y uniformidad, por lo cual se puede comer fresco o procesado. Entre los diferentes usos que se le confieren al limón Persa están: fabricación de ácido cítrico, jugo concentrado, fruta fresca, fabricación de pectina, pasta para alimento de ganado, extracción de aceites esenciales, perfumería, así como en la industria de jabones y detergentes (Méndez, 2003).

México se ubica como uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial, en el año 2014 se produjeron más de 2 millones de toneladas de limón, de las cuales, el estado de Veracruz aportó el 28%, ubicándose como el segundo productor más importante a nivel nacional (SIAP, 2017). Entre los diez principales municipios productores de limón en el estado de Veracruz, destaca Cuitláhuac, que en el año 2014 tuvo una producción de más de 14 mil toneladas, mientras que, municipios como Paso del Macho y Soledad de Doblado se ubicaron en el lugar 13 y 14 respectivamente (SIAP, 2017). Es importante mencionar que los municipios anteriores se ubican en el área de la zona centro del estado y que en Cuitláhuac se encuentran más de 20 empacadoras de limón, las cuales procesan el producto tanto para consumo nacional como para exportación.

5.2. *Diaphorina citri*

Es un insecto del orden Hemiptera de la familia Liviidae, los adultos miden de 3 a 4 mm de longitud, los huevos son de color amarillo brillante y son depositados en los brotes vegetativos recién emergidos, en las yemas foliares y en los pliegues de las hojas; el número de huevos depositados depende del hospedero (Tsai and Liu, 2000). Las ninfas miden entre 0.25 y 1.7 mm de longitud, son verdes o anaranjadas, son insectos con cinco estadios ninfales que lucen muy similares, pero que incrementan de talla después de cada muda (Aubert, 1987). Las ninfas tienen movimientos muy lentos y se alimentan de tallos y hojas, como resultado de su alimentación producen filamentos cerosos que sale de sus cuerpos, como se puede observar en la Figura I (Halbert y Manjunath, 2004). El desarrollo de huevo a adulto requiere de 16 a 17 días bajo condiciones de clima cálido y, con la continua presencia de brotes vegetativos hospederos (McFarland y Hoy, 2001). Los adultos de *D. citri* son de color negruzco o terroso, usualmente se alimentan de hojas y brotes, son saltadores activos y pueden vivir por uno o dos meses; el abdomen de las hembras adultas se torna de color naranja brillante cuando contienen óvulos fertilizados (Liu and Tsai, 2000). Las fluctuaciones de la población de *D. citri* en cítricos y otras plantas hospederas están estrechamente correlacionadas con el ritmo, la cantidad y la calidad nutricional de los brotes, ya que los huevos y las ninfas están asociados exclusivamente con éstos (Catling, 1970), aunque los adultos pueden sobrevivir por largos periodos alimentándose de hojas maduras (Michaud, 2004).

D. citri puede causar daño directo e indirecto, el primero ocurre cuando el psílido se alimenta de las plantas, ya que extrae grandes cantidades de savia, además de inyectar toxinas que detienen el crecimiento de los brotes vegetativos y causan la abscisión de las hojas (Michaud, 2004).

Infestaciones altas del insecto pueden originar abundante mielecilla que cubre la superficie de las hojas, la cual permite el crecimiento de moho y afecta el proceso de fotosíntesis (Chien y Chu, 1996). El daño indirecto ocurre cuando el insecto transmite la bacteria *C. Liberibacter* spp. de una planta a otra. Este daño es el más importante ya que la enfermedad que provoca, el HLB, afecta plantas de la familia Rutacea con efectos muy severos (Halbert y Manjunath 2004). El insecto puede infectarse del patógeno en un periodo de 30 minutos después de alimentarse de una planta enferma (Roistacher, 1991).

En México, el vector fue detectado en el año 2002 en los estados de Campeche y Quintana Roo y actualmente se encuentra distribuido en todas las áreas citrícolas del país (López-Arroyo *et al.* 2005). Las regiones del país más apropiadas para el hábitat de *D. citri* comprenden los estados del Golfo de México, península de Yucatán y áreas dispersas de los estados costeros del Pacífico (Lopez-Collado *et al.* 2013).



Figura I. Huevos y ninfas de *Diaphorina citri* (Fotos: Hernández-Landa)

5.3. Huanglongbing

El Huanglongbing (HLB) es una enfermedad asociada a la bacteria gram negativa *C. Liberibacter* que afecta a las plantas de la familia Rutaceae, los cuales pueden llegar a ser letales

en cítricos como la naranja (*Citrus sinensis*), tangerina (*Citrus deliciosa*), limón Persa (*Citrus latifolia*) y limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), además de otras especies de dicha familia, entre ellas la limonaria *Murraya paniculata* L. (Tsai *et al.* 2000, Robles-Gonzalez *et al.* 2013). El HLB es una enfermedad letal, ya que los árboles infectados pueden morir (Grafton-Cardwell *et al.* 2006). Algunos de los síntomas que se presentan pueden ser manchas amarillas y verdes en las hojas, aborto de semillas, así como frutos pequeños, sin forma y de sabor amargo (Manjunath *et al.* 2008). La enfermedad fue detectada por primera vez en México en el año 2009 (SAGARPA, 2010) y actualmente se encuentra presente en todos los estados costeros del país (SINAVEF, 2017).

5.4. *Murraya paniculata*

La limonaria (*Murraya paniculata* L.) es un árbol pequeño de la familia Rutaceae usado comúnmente como planta ornamental (Hall *et al.* 2015), es un elemento importante en la problemática de la enfermedad del Huanglongbing, ya que se considera uno de los principales hospederos tanto del vector como de la enfermedad, pues sembrada tanto en zonas rurales como urbanas puede actuar como reservorio de las poblaciones de *D. citri* cuando no existe disponibilidad de brotes en las zonas agrícolas (Tsai *et al.* 2000). En cuanto a la distribución potencial de limonaria en México, se ha estimado que cubre gran parte del país, sobre todo en los estados costeros del Pacífico y del Golfo, así como en la península de Yucatán (Lopez-Collado *et al.* 2013).

Esta tesis se presenta en capítulos que abordan de manera modular el problema de investigación planteado, la presente sección corresponde a Introducción General, el planteamiento del

problema, las preguntas de investigación, las hipótesis y los objetivos planteados, así como la revisión de literatura. Más adelante, en el Capítulo I se presenta el estudio de la dinámica espacio temporal de *D. citri* en arbustos de limonaria *M. paniculata* ubicados en banquetas y jardines de la zona urbana de Cuitláhuac, Ver., en el capítulo II se evaluó el nivel de conocimiento que tienen sobre HLB dos grupos: habitantes de la localidad de Cuitláhuac y personal de empacadoras de cítricos. Finalmente, en el capítulo III, se midió de manera simultánea la fluctuación poblacional de *D. citri* en plantas de limonaria de cinco zonas urbanas y plantas de limón Persa de cinco huertas comerciales, también se evaluaron los efectos de factores bióticos y abióticos sobre las poblaciones del vector. La última parte contiene las conclusiones más importantes de este trabajo.

6. Literatura citada

- Aubert, B. 1987. *Trioza erytrae* del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42: 149-162.
- Catling, H.D. 1970. Distribution of psyllid vectors of citrus greening disease with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Protection. Bulletin* 18: 8-15 <http://www.imok.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000585.pdf> Accesado: 05-04-2017
- Chien, C.C., Y.I. Chu. 1996. Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. *International Journal of Pest Management* 34: 93-105.
- Chong, J.H., A.L. Roda, C.M. Mannion. 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.
- Damsteegt, V.D., E.N. Postnikova, A.L. Stone, M. Kuhlmann, C. Wilson, A. Sechler, N.W. Schaad, R.H. Brlansky, W.L. Schneider. 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.
- FAOSTAT. 2017. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database Datos sobre alimentación y agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Accesado: 02-06-2017.

- French, J.V., C.J. Kahlke, J.V. da Graça. 2001. First record of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Texas. *Subtropical Plant Science* 53: 14-15.
- Grafton-Cardwell, E.E., E.K. Godfrey, M.E. Rogers, C.C. Childers, P.A. Stansly. 2006. Asian Citrus Psyllid. University of California Agriculture and Natural Resources Publication. Publication 8131. Oakland CA. 8pp. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8205.pdf> Accesado: 09-10-2016.
- Halbert, S.E., K.L. Manjunath. 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.
- 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.
- Hall, D.G., M.G. Hentz, J.M. Patt. 2015. Behavioral Assay on Asian Citrus Psyllid Attraction to orange jasmine. *Journal of Insect Behavior* 28: 555-568.
- Hernández-Landa, L., J. López-Collado, C.G. García-García, F. Osorio-Acosta, M.E. Nava-Tablada. 2013. Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitláhuac, Veracruz. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.). 29(2):334-345.
- Hijam, S.D., D.R. Sharma. 2014. Impact of abiotic factors on build-up of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama population in Punjab, India. *Journal of Applied and Natural Science* 6(2): 371-376.
- Liu, Y.H., J.H. Tsai. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) *Annals of Applied Biology* 137:201-216.
- Lopes, S.A., G.F. Frare, L.E.A. Camargo, N.A. Wulff, D.C. Texeira, R.B. Bassanezi, G.A.C. Beattie, A.J. Ayres. 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., M.A. Peña, M.A. Rocha, J. Loera. 2005. Ocurrencia en México del psílido asiático *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae), pp. C68. En: Memorias del VII Congreso Internacional de Fitopatología. Chihuahua, Chih., Méx.
- López-Collado, J., J.I. López-Arroyo, P.L. Robles-García, M. Márquez-Santos. 2013. Geographic distribution of habitat, development, and population growth rates of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* in Mexico. *Journal of Insect Science* 13(114): 1-17.

- Manjunath, K.L., S.E. Halbert, C. Ramadugu, S. Webb, R.F. Lee. 2008. Detection of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus Huanglongbing in Florida. *Phytopathology* 98: 387-396.
- Manner, H.I., R.S. Buker, V.E. Smith, D. Ward, C.R. Elevitch. 2006. Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. <http://agroforestry.org/free-publications/traditional-tree-profiles>.
- McFarland, C.D., M.A. Hoy. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist* 84: 227-233.
- Méndez, J. 2003. Perfil de Mercado y Productivo del Limón Persa. Elaborado para: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional/ Guatemala 1a Calle 7-66 Zona 9 Guatemala 010009. Abt Associates Inc. Suite 600 4800 Montgomery Lane Bethesda, MD 20814-5341. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacy148.pdf Accesado 04-03-2017.
- Michaud, J.P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29: 260-269.
- Ortega-Arenas, L.D., A. Villegas-Monter, A.J. Ramírez-Reyes, E.E. Mendoza-García. 2013. Seasonal abundance of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in citrus groves in Cazonos, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 29(2): 317-333.
- Pluke, W.H., J.A. Qureshi, P.A. Stansly. 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., M.E. Rogers, D.G. Hall, P.A. Stansly. 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.
- Qureshi, J.A., P.A. Stansly. 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.
- Robles-González, M. Manuel, J.J. Velázquez-Monreal, M.A. Manzanilla-Ramirez, M. Orozco-Santos, V.M. Medina-Urrutia, J.I. López-Arroyo, R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 19(1): 15-31.
- Roistacher, C.N. 1991. Graft-transmissible diseases of citrus. Handbook for detection and diagnosis. Part I. Techniques for biological detection of specific citrus graft-transmissible diseases. Greening. Pp:35-46. FAO. ROME.

- SAGARPA. 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. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Diario Oficial de la Federación (DOF), Primera Sección. Fecha de publicación 16-08-2010.
- Salcedo-Baca, D.; R.A. Hinojosa, G. Mora-Aguilera, I. Covarrubias-Gutiérrez, F.J.R. De Paolis, J.S. Mora-Flores, C.L. Cintora-González. 2010. Evaluación del Impacto Económico de Huanglongbing (HLB) en la Cadena Citrícola Mexicana. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). México. 127 p.
- Sétamou, M., D. Flores, J.V. French, D.G. Hall. 2008. Dispersion patterns and sampling plants for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology* 101(4): 1478-1487.
- 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> Accesado: 25-01-2017.
- SIAP. 2017. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp Accesado: 06-06-2017.
- SINAVEF, 2017. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Mapa dinámico fitosanitario. Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) en México. <http://www.sinavef.gob.mx/MDF/> Accesado: 02-04-2017.
- Sule, H., R. Muhamad. 2014. Dynamics and distribution of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in a citrus orchard in Terengganu, Malaysia. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LVII.
- Teck, S.L.C., F. Abang, A. Beattie, R.K.J. Heng, S.K. Wong. 2011. Seasonal population dynamics of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in Sarawak. *American Journal of Agricultural and Biological Science* 6: 527-535.
- Tsai, J. H., Y.H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology* 93: 1721-1725.
- Tsai, J.H., J.J. Wang, Y. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist* 83(4): 446-459.
- Tsai, J.H., J.J., Wang, Y.H. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist* 85: 446-451.

**CAPITULO I. DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA
(HEMIPTERA: PSYLLIDAE) EN *Murraya paniculata* (L.) JACK EN CUITLÁHUAC,
VERACRUZ**

Lizbeth Hernández-Landa¹; José López-Collado^{1*}; Carlos G. García-García²; Francisco Osorio-Acosta¹ y Martha E. Nava-Tablada³

**SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA:
PSYLLIDAE) ON *Murraya paniculata* (L.) JACK IN CUITLÁHUAC, VERACRUZ**

**Publicado en la revista Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 29(2):334-345(2013).*

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

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 psílicos 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.

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 gardens 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.

1.1. 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.

1.2. 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 (k_c), mediante el método de regresión lineal propuesto por Bliss & Owen (1958), donde el recíproco de la pendiente ($1/\beta_1$) corresponde a k_c . La estimación de los

coeficientes de regresión de este modelo y su significancia se hizo con Matemática 8.01 (Wolfram 2011).

1.3. 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. 1.1 En febrero casi no se registraron capturas, mientras que en marzo (fig. 1.1A) 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 las poblaciones, sobre todo en la zona sureste y luego en el centro (figs. 1.1B, 1.1C). Por otra parte, en agosto todavía hubo algunos sitios con altas densidades (fig. 1.1D), 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.

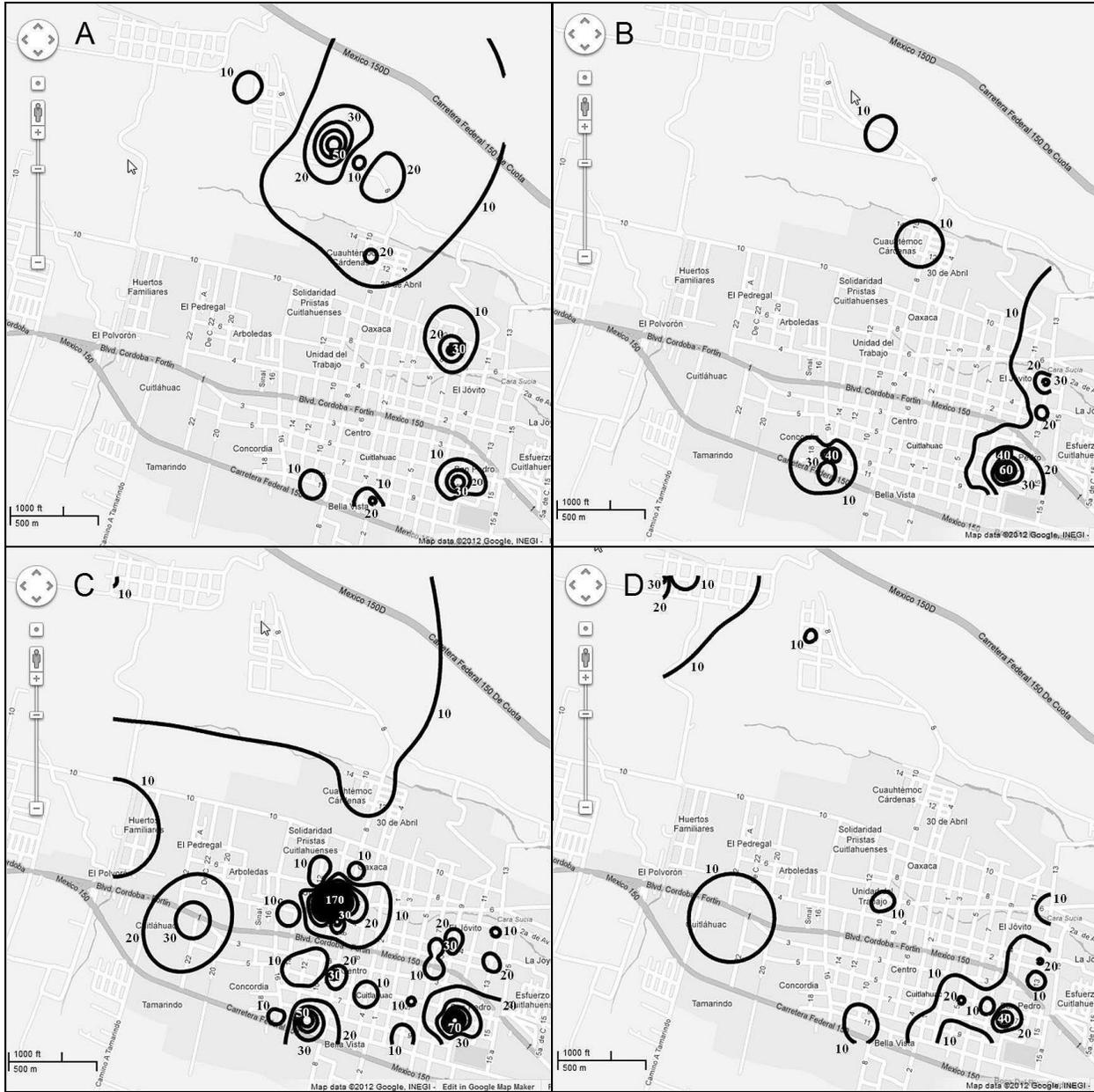


Figura 1.1. Distribución espacio-temporal de *Diaphorina citri* en la zona urbana de Cuitláhuac, Veracruz. Las curvas y los números asociados en cada mapa representan las isodensidades de población (adultos/ trampa) para los siguientes meses: A. Marzo, B. Junio, C. Julio y D. Agosto.

La distribución temporal de las densidades de *D. citri* por trampa se presenta en la Fig. 1.2. 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.1.1). 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 1.1. 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,

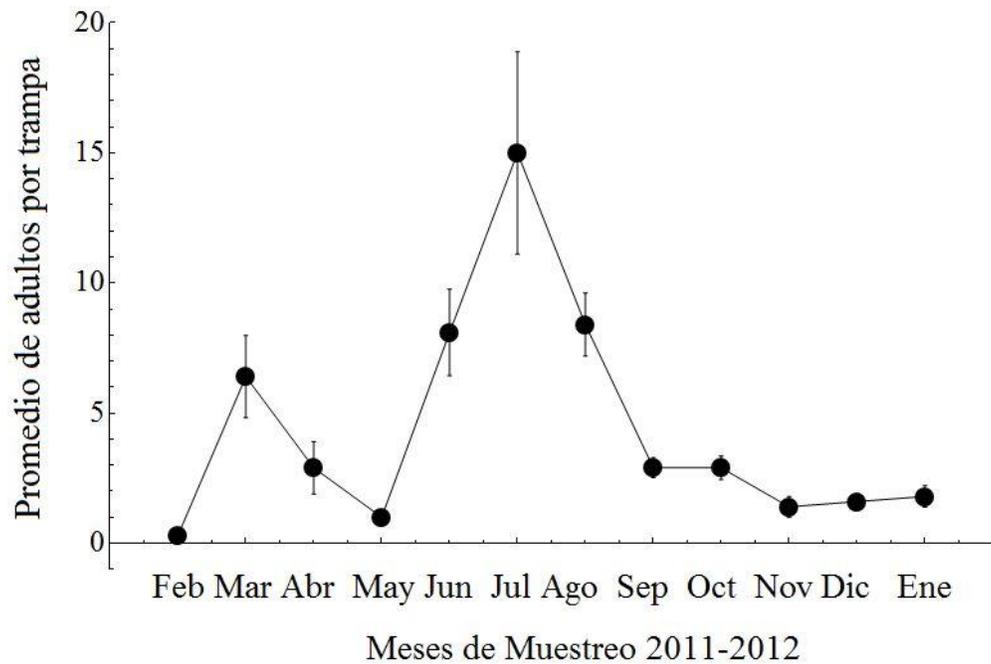


Figura. 1.2. Distribución temporal de *Diaphorina citri*. Los puntos indican el promedio de capturas de adultos por trampa, las líneas verticales indican el error estándar de la media.

Cuadro 1.1. Número de trampas (n) examinadas e índices de agregación de las poblaciones de *D. citri* en Cuicuilhuac, Ver. Años 2011-2012.

Mes	n	Aglomeración media (mc)	Índice de Green (Cx)	Relación varianza-media (S2 /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. 1.1). 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. 1.3), 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 con los otros en señalar una agregación de las poblaciones de *D. citri*.

1.4. 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 los niveles más altos de

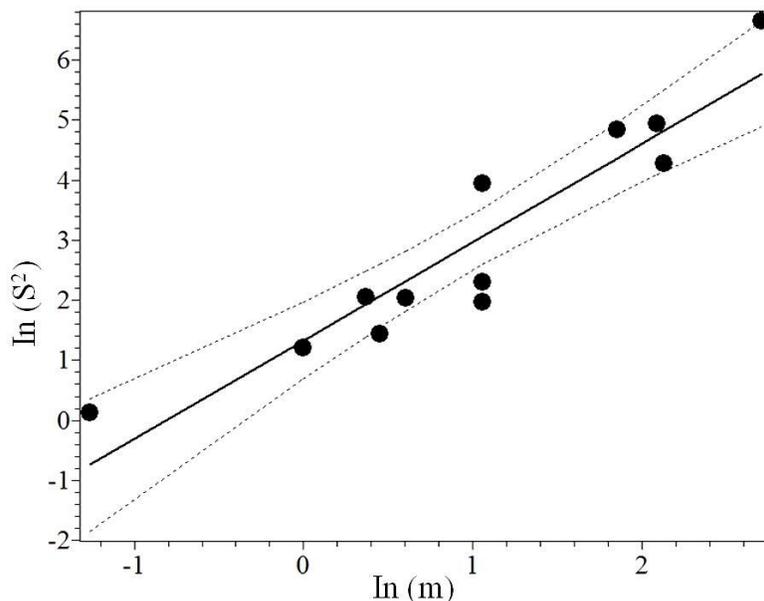


Figura 1.3. Ajuste de la Ley de la Potencia de Taylor: $\ln(S^2) = \ln(3.8) + 1.64 \cdot \ln(m)$. Los puntos representan los valores observados, la línea continua es el modelo de Taylor. Las líneas punteadas representan el intervalo de confianza al 95%.

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 éste 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 k_c 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 k_c 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 k_c 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.

1.5. Agradecimientos

La investigación fue apoyada parcialmente con fondos del Proyecto FONSEC SAGARPA-CONACYT número 2009-108591 y por el Fideicomiso Institucional 2011 del Colegio de Postgraduados.

1.6. Literatura Citada

- Bliss, C.I. & R.A. Fisher. 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. & A.R.G. Owen. 1958. Negative binomial distributions with a common K. *Bometrika*, 45: 37-58.
- Boina, D.R., W.L. Meyer, E.O. Onagbola & L.L. Stelinski. 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.H., A.L. Roda, & C.M. Mannion. 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., J.C. Barbosa, P.T. Yamamoto & L.R. Moreira. 2010. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) in citrus orchards. *Scientia Agricola*, 67: 546-554.
- Damsteegt, V.D., E.N. Postnikova, A.L. Stone, M. Kuhlmann, C. Wilson, A. Sechler, N.W. Schaad, R.H. Brlansky & W.L. Schneider. 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. Secretaria 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., E.K. Godfrey, M.E. Rogers, C.C. Childers & P.A. Stansly. 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, F. Espinosa-Arenal, & R. Saldaña-Flores. 2012. Evaluación del potencial eólico para la generación de energía eléctrica en el estado de Veracruz, México. *Dyna*, 79: 215-221.
- Kobori, Y., T. Nakata, Y. Ohto & F. Takasu. 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., G.F. Frare, L.E.A. Camargo, N.A. Wulff, D.C. Texeira, R.B. Bassanezi, G.A.C. Beattie & A.J. Ayres. 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., M.A. Peña, M.A. Rocha-Peña, & J. Loera. 2004. Occurrence of the asiaticus citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) In México, pp. 179. In: *Proceedings of the XVI Conference of the International Organization of Citrus Virologists*. November 7-13, 2004. Monterrey, 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., S.E. Halbert, C. Ramadugu, S. Webb, & R.F. Lee. 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., M.L. Gómez-Torres, M.D. Rodrigues, J.M.S. Bento, M.L. Haddad & J.R.P. Parra. 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., J.A. Qureshi & P.A. Stansly. 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. & P.A. Stansly. 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. & P.A. Stansly. 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., M.E. Rogers, D.G. Hall, & P.A. Stansly. 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., & I. Delgadillo-Villanueva. 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., R.A. Hinojosa, G. Mora-Aguilera, I. Covarrubias-Gutiérrez, J.R. DePaolis, J.S. Mora-Flores & C.L. Cintora-González. 2010. *Evaluación del impacto económico de la enfermedad de los cítricos Huanglongbing (HLB) en la cadena cítrica 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. & N. Bautista. 2008. Fluctuación poblacional del psílido de los cítricos en Cuitláhuac, Veracruz. *Entomología Mexicana*, 7: 4.

- Sétamou, M., D. Flores, J.V. French, & D.G. Hall. 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., Y. Ibrahim, R. Ibrahim & M.S. Osman. 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. & F.J. Rohlf. 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., J. Wang & Y. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera:Psyllidae) on orange jessamine in southern Florida. *Florida Entomologist*, 83: 446-459.
- Tsai, J.H., J.J. Wang & Y.H. Liu. 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.

CAPITULO II. PERCEPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL HUANGLONGBING POR AGENTES RELEVANTES EN ZONAS URBANAS

Lizbeth Hernández-Landa¹, José López-Collado^{1*}, Martha Elena Nava-Tablada², Carlos Gilberto García-García³ y Francisco Osorio-Acosta¹

PERCEPTION OF HUANGLONGBING ISSUE BY RELEVANT AGENTS IN URBAN AREAS

**Publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(4), 2017. p. 993-1000*

¹Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Veracruz–Xalapa, Tepetates, Municipio de Manlio F. Altamirano, C.P. 91690, Veracruz, México. Tel: 01 229 2010770, ext. 64344*, 64327. (hernandez.lizbeth@colpos.mx; jlopez@colpos.mx*; fosorioa@colpos.mx). ²El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto No. 26, Zona Centro, C.P. 91000. Xalapa, Veracruz, México. Tel: 01 228 8415100 ext. 115. (menavata@yahoo.com.mx). ³Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, congregación Manuel León, Córdoba, Veracruz, C.P. 94500. Apdo. Postal 143. Veracruz, México. Tel: 01 271 7166000 ext. 64806. (carlosgarcia@colpos.mx). *Autor para correspondencia.

Resumen

En México, existen plagas causantes de pérdidas económicas en cítricos, una de ellas es *Diaphorina citri*, vector de la enfermedad denominada Huanglongbing (HLB). Previos trabajos han medido diferentes aspectos en los productores citrícolas, pero la percepción de actores relevantes en zonas urbanas, como los propietarios de limonarias no se han evaluado. Este trabajo se realizó en 2011 en la ciudad de Cuitláhuac, Veracruz y tuvo como objetivo medir la información adquirida sobre HLB de dos grupos: propietarios de plantas de limonaria (*Murraya paniculata*) y personal ejecutivo de las empacadoras de cítricos.

Se encontró que una alta proporción de administradores de las empacadoras son los que poseen mayor información, con respecto a los propietarios de plantas de limonaria, sobre temas relacionados con la Campaña Fitosanitaria de Prioridad Nacional contra el HLB como son: el vector, transmisión de la enfermedad, así como mensajes de la campaña sobre el control de la enfermedad y el vector.

La mayoría de los entrevistados en ambos grupos ignoraban que las plantas de limonaria pueden ser fuente de inóculo del HLB así como hospedantes del vector. A pesar de las campañas de difusión, existe desinformación en relación a la problemática, particularmente respecto a limonaria. Lo más sobresaliente es que los habitantes están dispuestos a remover dichas plantas de sus jardines o cambiarlas por otras.

Palabras clave: Dragón amarillo, plagas agro-urbanas, agentes sociales, campaña fitosanitaria, *Murraya paniculata*, *Diaphorina citri*

Abstract

In Mexico, *Diaphorina citri*, is a key pest of citrus plantations, acting as a vector of Huanglongbing (HLB), a lethal citrus disease. Previous studies have measured different aspects of citrus producers, but the perception of relevant actors in urban areas, like orange jasmine owners, have not been evaluated. This work was conducted in 2011 in the city of Cuitlahuac, Veracruz and its objective was to measure the information acquired about HLB by two social groups: orange jasmine (*Murraya paniculata*) plant owners and citrus packing warehouse managers. It was found that a high proportion of managers have more information as compared to the orange jasmine owners on items related to the National Priority Phytosanitary Campaign against HLB. Managers are better acquainted with issues like: HLB responsible vector, disease transmission mechanism, and campaign messages about disease and vector control. Most of the people interviewed in both groups were not aware that orange jasmine plants may be a source of HLB inoculum, nor host of the vector. In spite to the awareness campaign, there are some information voids on some issues, like those related to orange jasmine role in HLB epidemics. The most remarkable finding is that orange jasmine owners are willing to remove their plants or replaced them for others.

Key words: Citrus greening, agro-urban pest, social agents, phytosanitary campaign, *Murraya paniculata*, *Diaphorina citri*

2.1. Introducción

Una de las plagas reguladas que causa pérdidas económicas en plantaciones cítricas en México es *Diaphorina citri*, vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. causante de la enfermedad Huanglongbing (HLB), enfermedad mortal para miembros de la familia de las rutáceas, entre ellas los cítricos (Manjunath *et al.*, 2008). En México se procesa 14% de la producción mundial de cítricos y el HLB pone en riesgo la cadena citrícola, en particular, el estado de Veracruz ocupa el primer lugar en producción de cítricos y puede ser afectado significativamente (DOF, 2010). En octubre de 2011, se detectó en este estado la presencia de HLB en huertos comerciales (SENASICA, 2011), aunque actualmente se encuentra erradicado. La limonaria (*Murraya paniculata*), es una rutácea arbustiva de uso ornamental (Hall, 2008) y se considera un elemento clave en la problemática del HLB, ya que es hospedera tanto del vector como del agente causal y además, se considera reservorio de las poblaciones de *D. citri* en las zonas áreas urbanas cercanas a zonas productoras de cítricos (Damsteegt *et al.*, 2010, Hernández-Landa, *et al.*, 2012).

En México, en el año 2008 se inició la Campaña Fitosanitaria de Prioridad Nacional contra el HLB, con el objetivo de detectarlo oportunamente y, en caso de requerirse, realizar acciones para su manejo, control y erradicación. Ante la detección de la enfermedad, medidas de control implementadas han sido puestas en operación acorde con el instrumento regulatorio publicado en 2010 (DOF, 2010). Actualmente se realizan actividades de vigilancia estratégica con el objetivo de conocer la situación de aquellas áreas donde aún no se tiene registro de la presencia de HLB, las cuales se ejecutan mediante la NOM-EM-047-FITO-2009 (DOF, 2009). También se promueve el establecimiento de viveros certificados, la eliminación de plantas de limonaria y la participación de los productores en el establecimiento de Áreas Regionales de Control como

alternativa de manejo de la enfermedad. La inversión realizada para las acciones de vigilancia estratégica, así como actividades de control y confinamiento de la enfermedad en el país para el año 2015 ascienden a más de 164 millones de pesos y en el estado de Veracruz se asignaron 17.5 millones para el mismo año (SENASICA, 2015). Uno de los aspectos clave en la implementación exitosa de campañas de control de plagas agrícolas es la difusión de información relevante, la concientización de los actores sociales involucrados y la adopción de técnicas orientadas al control de la plaga. La difusión de información es importante para el empoderamiento de las personas involucradas en la problemática; sin embargo, el nivel de recepción y ejecución de las acciones de la campaña no siempre se conoce. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, realizó una evaluación de la Campaña contra el HLB (Salcedo-Baca *et al.*, 2012), en la cual se midió la familiarización e involucramiento de algunos actores clave en la campaña. Como resultados encontraron que el desempeño de la campaña contra el HLB ha sido bueno, sin embargo, es importante observar que la campaña solo explora 27% de la superficie cultivada de cítricos del país y no abarca las zonas urbanas donde se encuentra *M. paniculata*. En ese trabajo los productores, viveristas, empacadores y procesadores, así como operadores y administradores de la campaña en los estados, señalaron la mínima participación e involucramiento de los dirigentes y/o representantes de los Sistema Producto Cítricos en las actividades de la campaña en los estados bajo control y sin detección. También resalta la nula contribución en la concientización a los agremiados sobre las implicaciones de contagio de la enfermedad hacia huertas o zonas que aún no la tienen; la limitada información difundida y la falta de exigencia a las autoridades para que eviten la movilización de cítricos como ornamentales, entre otras (Salcedo-Baca *et al.*, 2010). Sin embargo, la percepción de esta problemática de otros agentes sociales involucrados, entre ellos los dueños de plantas de *M.*

paniculata en zonas urbanas y los administradores de las empacadoras no se ha evaluado. En este trabajo se consideró importante conocer la actitud de los pobladores de las zonas urbanas cercanas a las zonas de producción de cítricos, acerca de las estrategias del Gobierno Federal en cuanto al control del vector, de sus plantas hospederas y su disposición para la sustitución de la limonaria por otras plantas no hospederas del vector ni del HLB; así como también conocer el valor económico y/o cultural que tienen para ellos las plantas de limonaria.

2.2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la localidad de Cuitláhuac, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, México, en las coordenadas geográficas 18° 48' 42" N y 96° 43' 22" O, con una altitud de 378 msnm (INEGI, 2012). Cuenta con 13651 habitantes; presenta clima cálido subhúmedo con lluvias de verano y cálido húmedo con abundantes lluvias de verano. La temperatura media anual oscila entre 24 y 26°C (SEDESOL, 2013). Cuitláhuac se encuentra enclavada en un área citrícola de importancia, motivo por el cual fue seleccionada para realizar este estudio.

En el año 2011 se aplicaron cuestionarios a dos grupos de agentes sociales clave. El primero a personas que tenían una planta de limonaria en su propiedad o en la banqueta de la misma, mientras que el segundo se aplicó a gerentes o encargados de las empacadoras que se encontraban en funcionamiento, ubicadas tanto en la localidad como en la periferia de la misma. Las preguntas que se hicieron a los entrevistados estuvieron orientadas a conocer los siguientes aspectos: sexo, edad y escolaridad de los entrevistados; conocimiento sobre la enfermedad y el

vector, así como información sobre plantas de limonaria y conocimiento sobre la campaña del gobierno federal para el control de la enfermedad.

El análisis de la información obtenida se realizó con R v3.0.2 (R Core Team, 2015) mediante el cálculo de estadísticas descriptivas y se realizó una prueba de Z para saber si existían diferencias en las respuestas a un grupo de preguntas que se aplicaron tanto a los habitantes de la localidad como a los encargados de las empacadoras.

2.3. Resultados y Discusión

A los propietarios de plantas de limonaria se les aplicó un total de 79 cuestionarios; de los entrevistados 71% fueron mujeres y 29% hombres, la mayoría de las personas (39%) tenían edades entre los 50 y 60 años; 38% con educación primaria y el resto con grados escolares mayores (Fig. 2.1). Al preguntarles si ellos sembraron las plantas de limonaria, un 57% respondió que no. Según la información obtenida, la mayoría de las plantas tienen una edad de más de 10 años y en su mayoría las personas ignoran el origen de las plantas, infieren que las semillas se diseminaron por sí solas. Un 95% de los entrevistados utiliza la limonaria con fines ornamentales, ya sea por el aroma o las flores. En cuanto al manejo, aplican podas y riego en su mayoría (79%) y solamente 6% de los entrevistados le aplica algún tipo de control de plagas. Respecto al nivel de conocimiento sobre el HLB, solo 9% dijo conocer la enfermedad; mientras que si sabían que la limonaria alberga al HLB, 95% contestó que no, así como también un alto porcentaje (92%) desconocía que la limonaria hospeda a *Diaphorina citri*. Un alto porcentaje de los entrevistados (90%) no conoce o no ha visto algún mensaje o campaña del gobierno sobre el HLB. Por otro lado, un 78% de las personas estaría de acuerdo en cortar su planta de limonaria al

enterarse que es portadora de HLB, esta decisión la tomarían principalmente por el bien de los cultivos de limón (80%). A la mayoría (76%) le gustaría que les sustituyeran su planta de limonaria por diferentes tipos de plantas ya sean de uso ornamental, frutal o de sombra y un 71% de los entrevistados están interesados en recibir mayor información sobre HLB en forma de folletos, reuniones informativas y/o televisión.

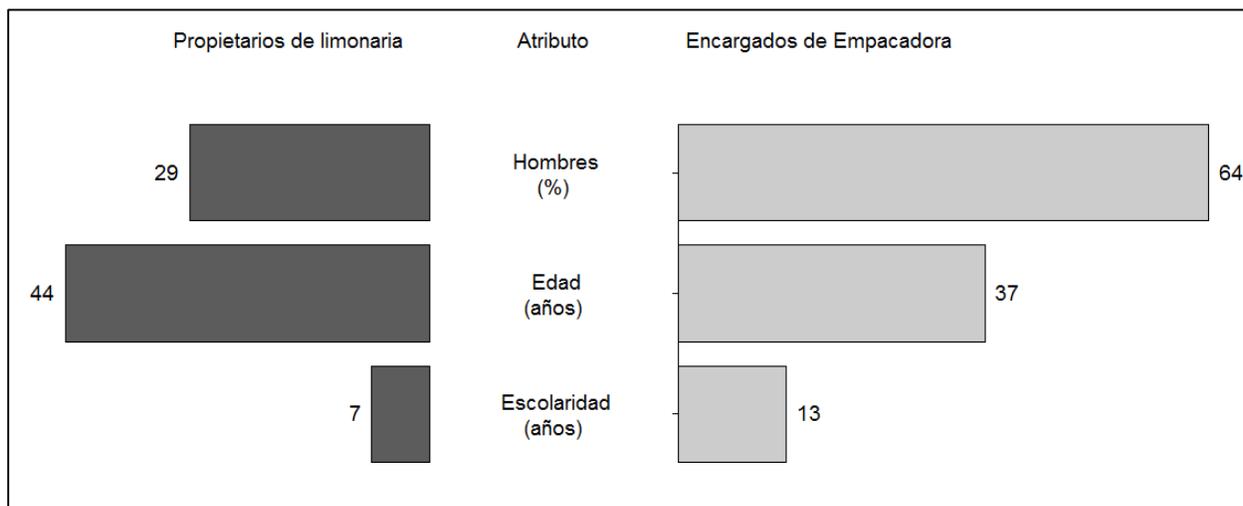


Figura 2.1. Atributos sociodemográficos de los entrevistados. Porcentaje de hombres, edad y escolaridad promedio.

Por otro lado, se aplicaron 22 cuestionarios a las personas responsables de las empacadoras de limón ubicadas en la localidad o en la periferia. En este caso la mayoría de los entrevistados fueron hombres (64%), personas jóvenes en su mayoría (alrededor de los 30 años) y todos con estudios superiores a educación primaria (Fig. 2.1). El cargo que ocupan los entrevistados en la empacadora es generalmente el de gerente o administrador (77%), en muy pocos casos se encontró que el puesto fuera encargado del departamento de calidad e inocuidad (14%).

Al preguntarles si sabían que es el Huanglongbing, el 77% de los entrevistados respondió afirmativamente, también conocen o han visto mensajes o campañas del gobierno federal sobre el HLB (73%) y en cuanto a la trasmisión del HLB, 50% dijo saber cómo se trasmite, ya sea por el vector o por injerto. Respecto a identificar las plantas de limonaria, sólo un entrevistado dijo desconocerla, mientras que los 21 restantes respondieron que si la conocen y, únicamente una persona sabía su nombre científico. Cuando se les preguntó si tenían conocimiento de que la limonaria alberga al HLB, 59% respondió que no, también el 77% contestó que ignoraba que la limonaria es hospedera de *Diaphorina citri*. Cuando se les cuestionó si creían conveniente eliminar las plantas de limonaria de la zona urbana, 67% respondió positivamente. También se les preguntó si en las empacadoras se toman algunas medidas fitosanitarias para el control y/o el manejo de *D. citri*. y HLB; con base en las respuestas se encontró que en 45% de las empacadoras se realizan acciones de prevención como revisar el material vegetal y la limpieza de todas las áreas de trabajo. Finalmente al preguntar si les gustaría recibir mayor información sobre HLB, el 95% de los entrevistados dijo que sí, principalmente sobre temas relacionados con el combate y la prevención de la enfermedad, ya sea por medio de folletos, trípticos, reuniones informativas y/o anuncios de televisión.

De acuerdo con el análisis estadístico, se encontraron diferencias entre algunas de las respuestas a preguntas que se realizaron a los dos grupos de entrevistados (Cuadro 2.1), por lo tanto se puede afirmar que si bien la campaña se esfuerza en concientizar a la población, aún falta trabajo de difusión por hacer principalmente en las zonas urbanas, como el caso de Cuitláhuac, donde una de las principales actividades económicas es la producción de limón (SIAP, 2014), y donde las plantaciones cercanas a la zona urbana pueden estar en alto riesgo, si las limonarias presentes

en la ciudad juegan un papel de reservorios del vector. Ambos grupos coinciden en que si se les solicita eliminarían las plantas de limonaria y las reemplazarían por otro tipo de planta ornamental (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Proporción de respuesta de los dos grupos de entrevistados y significancia de la prueba de Z.

PREGUNTA	PROPORCIÓN AFIRMATIVA		P
	Responsable de Empacadora	Ciudadano de área urbana	
¿Sabe que es el HLB?	0.77	0.08	<0.01**
¿Sabe que la limonaria alberga HLB?	0.40	0.05	<0.01**
¿Sabe que la limonaria alberga <i>D. citri</i> ?	0.36	0.07	<0.01**
¿Ha visto o conocer alguna información o campaña del gobierno sobre HLB?	0.72	0.10	<0.01**
¿Le gustaría recibir mayor información?	0.95	0.70	<0.01**

*Significancia estadística al 0.01

Como se nota en el cuadro anterior, los encargados de las empacadoras tienen un nivel de conocimiento significativamente mayor sobre temas relacionados con la campaña de HLB y su vector con respecto a las personas que poseen plantas hospederas en el área urbana. Es importante mencionar que la gran mayoría en ambos grupos, ignoraban que *Murraya paniculata* puede ser una fuente de inóculo y hospedera de poblaciones del insecto. El aspecto positivo es que en ambos grupos están de acuerdo en recibir mayor información sobre el tema.

2.4. Conclusiones

En general, ambos grupos de entrevistados poseen información de temas relacionados con la campaña de control de Huanglongbing y *Diaphorina citri*, pero los encargados de las empacadora son los que están más informados, ya que por la naturaleza de su trabajo relacionado con los cítricos, la información sobre plagas y enfermedades a la que tienen acceso es mayor, pues pueden recibir personal de la campaña o capacitación. Se identificó que en aspectos relacionados con *Murraya paniculata*, tanto encargados de empacadoras como habitantes de la zona urbana, presentan niveles bajos de conocimiento, ignorando que dicha planta puede ser reservorio de la enfermedad, del patógeno y del vector. Es importante mencionar que la mayoría de las limonarias ubicadas en la localidad son utilizadas de forma ornamental y muy pocas de ellas fueron sembradas, así que existe la disposición de los entrevistados de eliminarlas y sustituirlas. Un dato a resaltar es la edad de los entrevistados en sus domicilios son personas mayores de 40 años, por lo cual sería importante poner atención al lenguaje que se utiliza al divulgar la información, para que las personas puedan entenderla y conservarla.

2.5. Agradecimientos

La investigación fue apoyada parcialmente con fondos del Proyecto FONSEC SAGARPA-CONACYT número 2009-108591 y el apoyo para la Investigación del Colegio de Postgraduados.

2.6. Literatura Citada

Damsteegt, V.D.; Postnikov, E.N.; Stone, A.L.; Kuhlmann, M.; Wilson, C.; Sechler, A.; Schaad, N.W.; Brlansky, R.H. and 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). 2009. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Norma oficial de emergencia NOM-EM-047-FITO-2009, por la que se establecen acciones fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del Huanglongbing (HLB) de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp.) en el territorio nacional.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Secretaria 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.
- 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.
- Hernández-Landa, L.; López-Collado, J.; García-García, C.G.; Osorio-Acosta, F. y Nava-Tablada, M.E. 2012. Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitláhuac, Veracruz. Acta Zoológica Mexicana. 29(2): 334-345.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave. 2012. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_multi/2012/ver/702825045258.pdf (Consulta: 17-11-2015).
- Manjunath, K.L.; Halbert, S.E.; Ramadugu, C.; Webb, S. and 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.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- Salcedo-Baca, D.; González-Hernández, H.; Rodríguez-Leyva, E.; Vera-Villagrán, E.; Múzquiz-Fragoso, C. y Hurtado-Arellano, A. 2012. Evaluación de HLB 2008, 2009 y 2010. /IICA, SAGARPA, SENASICA, CEF. Profit. México. 126 p.
- Salcedo-Baca, D.; Hinojosa, R.A.; Mora-Aguilera, G.; Covarrubias-Gutiérrez, I.; De Paolis, F.J.R.; Mora-Flores, J.S. y Cintora-González, C.L. 2010. Evaluación del Impacto Económico de Huanglongbing (HLB) en la Cadena Citrícola Mexicana. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). México. 127 p.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Rural). 2013. Unidad de Microrregiones. Cédulas de Información Municipal <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=30&mun=053> (Consulta: 27-10-2015).

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2011. 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 (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. Huanglongbing de los Cítricos. <http://www.senasica.gob.mx/?id=4512> (Consulta: 12-11-2015).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. Veracruz. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consulta: 06-11-2015).

**CAPITULO III. EFECTO DE FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN LA
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA:
LIVIIDAE) EN DOS HOSPEDERAS RUTÁCEAS**

Lizbeth Hernández-Landa^a, Jose Lopez-Collado^{a*}, Héctor González-Hernández^b, Mónica Vargas-Mendoza^a, Francisco Osorio-Acosta^a, Martha E. Nava-Tablada^c

**EFFECT OF BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS ON THE POPULATION
FLUCTUATION OF *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE) IN TWO
RUTACEOUS HOSTS**

^a Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Programa Agroecosistemas Tropicales, Carretera Federal Veracruz–Xalapa Km 88.5, C.P. 91690, Veracruz, México.

hernandez.lizbeth@colpos.mx, jlopez@colpos.mx, mvargas@colpos.mx, fosorioa@colpos.mx

^b Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa de Entomología y Acarología, Carretera México-Texcoco Montecillo km 36.5, C.P. 56230, Texcoco, México. Texcoco.

hgzzhdz@colpos.mx

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

menavata@yahoo.com.mx

*Autor de correspondencia:

e-mail address: jlopez@colpos.mx (José López-Collado)

Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Carretera Federal Veracruz–Xalapa Km 88.5, C.P. 91690, Veracruz, México. Tel +52 229 2010770, extensión 64344, fax: +52 229 9207259.

Resumen

Los estudios para conocer la fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* se han realizado principalmente en cultivos de cítricos y poco se ha enfocado en plantas ornamentales de zonas urbanas. El objetivo de este trabajo fue medir la fluctuación poblacional del vector en plantas de *Murraya paniculata* de zonas urbanas y plantas de limón de huertas contiguas y los factores ambientales que afectan estas poblaciones. El muestreo se realizó de septiembre 2012 a agosto 2014, en Veracruz, México. Se seleccionaron cinco zonas urbanas y cinco parcelas comerciales de limón aledañas, en cada sitio se seleccionaron cinco plantas de limonaria y cinco de limón. Se hicieron capturas de adultos mensualmente con trampas amarillas. Se midió la brotación, así como temperatura y humedad relativa durante todo el periodo de muestreo. El análisis se hizo con estadísticas descriptivas y un modelo lineal mixto. Se encontró que *D. citri* está presente en todos los sitios de muestreo durante todo el año, que las poblaciones presentaron variaciones estacionales, fueron más abundantes en verano y ligeramente mayores en plantas de limonaria que de limón. Se encontró una relación positiva entre la presencia de brotes nuevos y el aumento de la abundancia del vector, tanto en limón como limonaria. El confort térmico y de humedad relativa se encontró entre los 25 y 30 °C y el 65% y 80% de humedad relativa, favorables para la ocurrencia de las poblaciones. La ocurrencia de *D. citri* en zonas urbanas cercanas a parcelas de limón representan un riesgo de infestación.

Palabras clave: Rutaceae, psílido asiático de los cítricos, limonaria, plaga urbana, factores abióticos, limón.

Abstract

Studies related to the population fluctuations of *Diaphorina Citri* have been carried out mainly in citrus crops and few have been focused on ornamental plants in urban areas. The objective of this study was to measure the population fluctuation of the vector in plants of *Murraya paniculata* of urban areas and Persian lime plants in contiguous orchards and the environmental factors affecting these populations. Sampling was carried out from September 2012 to August 2014, in Veracruz, México. Five urban areas and five nearby Persian lime producing groves were selected. In each site, five plants of orange jasmine and five Persian lime plants were selected, the monthly catches of adults were made using yellow traps. Flushes, temperature and relative humidity were also measured during the sampling period. The analysis was based on descriptive statistics and fitting a mixed linear model. It was found that *D. Citri* is present in all the sampling sites throughout the year, that the populations presented seasonal variations, were more abundant in summer and slightly higher in plants of orange jasmine than of Persian lime. A positive relationship was found between the presence of new shoots and the increase in the abundance of the vector in both lime and orange jasmine. The thermal and relative humidity comfort zone was found between 25 °C and 30 °C and 65% and 80% relative humidity favorable for the occurrence of the populations. The occurrence of *D. Citri* in urban areas near lime orchards represents a risk of infestation.

Key words: Rutaceae, Asian Citrus Psyllid, Orange jasmine, urban pest, abiotic factors, lime.

3.1. Introducción

A nivel mundial, los cítricos son uno de los cultivos más extensos en regiones tropicales y subtropicales (Ramana et al., 1981), en el año 2014 se produjeron alrededor del mundo más de 121 millones de toneladas de cítricos y de éstas 13 millones corresponden a limón (FAO, 2016). Entre los países que mayor cantidad de cítricos producen se encuentra México, que en el año 2015 reportó una producción de más de 2 millones de toneladas de limón (SIAP, 2016). En los últimos años la producción citrícola en el país ha sido afectada por la enfermedad de los cítricos conocida como Huanglongbing (HLB) o Greening (Michaud, 2004; Manjunath et al., 2008). Esta enfermedad se asocia a las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp., transmitida por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama. La presencia de esta enfermedad en las zonas citrícolas causa pérdidas económicas por mortalidad y reducción en el rendimiento de las plantas (French et al., 2001; Alemán et al., 2007), los nuevos cultivos con frecuencia son establecidos con árboles infectados (Aubert, 1984; Teixeira et al., 2005). En México, *Diaphorina citri* se reportó por primera vez en 2002 en los estados de Campeche y Quintana Roo y se encuentra distribuida en todas las áreas citrícolas del país (López-Arroyo et al., 2005); posteriormente, en 2009 se reportó el HLB por primera vez en México (DOF, 2010) y actualmente se encuentra distribuida en todos los estados costeros del país (SINAVEF, 2017).

Uno de los hospederos importantes del vector es la limonaria *Murraya paniculata* (L.) Jack, un arbusto ornamental de la familia Rutaceae. La distribución geográfica potencial de esta especie en México es similar a la de los cítricos y a *D. citri*, ocupando la zona neotropical y áreas costeras (López-Collado et al., 2013). En México también se ha estimado la distribución de *D. citri* así como las áreas de desarrollo potencial, se encontró que algunas de las regiones más apropiadas para el hábitat del psílido comprenden los estados del Golfo de México, donde se

encuentra el estado de Veracruz, uno de los principales productores de cítricos (Hernández-Landa et al., 2013; López-Collado, et al., 2013). En relación al HLB y su interacción con la limonaria, Damsteegt et al. (2010) y Lopes et al. (2010), estudiaron la incidencia de *Candidatus Liberibacter* y encontraron que, aunque los síntomas raramente se desarrollan en la planta y que la multiplicación de la bacteria no es tan rápida como en otras especies de cítricos, no se debe subestimar la importancia de esta planta como hospedero. También se han estudiado las poblaciones del vector en limonarias de zonas residenciales del sur de Florida y no se encontraron patrones consistentes en la fluctuación de la densidad del vector (Chong et al., 2010), aunque se señala que dichas plantas son un riesgo para la producción comercial de cítricos (Hall y Rohrig, 2015). Por su parte, Hernández-Landa et al. (2013), estudiaron la dinámica espacio-temporal de *D. citri* en esta hospedera en Veracruz y encontraron que los adultos del vector están presentes durante todo el año, con un pico poblacional en verano y que dicha planta representa un riesgo tanto para huertos comerciales aledaños, así como para las empacadoras de limón ubicadas en la zona urbana.

Por otra parte, las investigaciones en cuanto a aspectos de la ecología del vector se han realizado principalmente en plantaciones citrícolas. En Florida, Hall et al. (2008), evaluaron la densidad poblacional en cítricos y reportaron que la ocurrencia del psílido depende de los factores ambientales. Teck et al. (2011), estudiaron las poblaciones de *D. citri* y encontraron que los niveles de población están relacionados positivamente con la disponibilidad de brotes nuevos. También se han realizado estudios sobre la relación entre el aumento de las poblaciones del vector y la abundancia y/o presencia de brotes, así como la relación que existe en función del aumento de temperatura (Pluke et al., 2008; Aurambout et al., 2009; Ortega-Arenas et al., 2013;

Sule y Muhamad, 2014). También se ha estimado la abundancia relativa en brotes de cítricos y se ha reportado que las parcelas abandonadas sirven como reservorios para las poblaciones del psílido (Hall y Albrigo, 2007; Lewis-Rosenblum et al., 2015). Por su parte Sohail et al. (2004), encontraron que los factores ambientales no tuvieron efecto en el incremento de las poblaciones de este insecto; mientras que Hijam y Sharma (2014), estudiaron la abundancia estacional de *D. citri* y reportaron que, junto con la disminución de la temperatura, las poblaciones del vector también disminuían. En Florida, la intensidad y tipo de manejo afecta las poblaciones invernantes de *D. citri*, siendo el manejo convencional con insecticidas el que más reduce las poblaciones invernales, en contraste con parcelas de manejo de baja intensidad y de manejo orgánico (Pelz-Stelinski et al., 2017). Ubaidullah et al. (2015), encontraron que las temperaturas mínimas y máximas del día, así como la humedad relativa estuvieron negativamente correlacionadas, pero fueron altamente significativas con la población de adultos. Por su parte Mcfarland y Hoy (2001), evaluaron condiciones climáticas para el establecimiento de *D. citri* y mencionan que las poblaciones del vector se incrementaron con el aumento de la humedad relativa.

Poco se ha estudiado acerca de *Diaphorina citri* en cítricos y limonaria de manera simultánea. Soemargono et al. (2008) encontraron que la distribución del vector se presenta de forma agregada tanto en cítricos como en limonaria. En cuanto a la abundancia estacional, Tsai et al. (2002), estudiaron las poblaciones de psílicos en plantas de limonaria y de toronja y encontraron que los niveles de la población fueron similares en ambas hospederas. Por su parte Aubert y Hua (1990), evaluaron aspectos de la actividad de vuelo en plantas de limonaria, así como el riesgo de transporte pasivo por corrientes de viento donde reportan una actividad vertical de vuelo de hasta

siete metros, altura suficiente para que el insecto sea transportado por corrientes de aire. En cuanto a distribución espacial se ha encontrado que *Diaphorina citri* se presenta de manera agregada en cítricos (Sétamou et al., 2008), así como en limonaria (Hernández-Landa et al., 2013). A escala regional, la distribución de *D. citri* es en agregados, con focos de infestación altos alrededor de Los Angeles, Estados Unidos (Bayles et al., 2017).

Aunque los trabajos anteriores representan un aporte importante en el área de la investigación de *D. citri*, es importante destacar que éstos se han realizado usualmente en cultivos de cítricos o que aún no se han llevado a cabo este tipo de estudios de manera paralela en plantas de limonaria en zonas urbanas y cultivos de cítricos, como es el caso de limón. Por tal motivo el objetivo de este trabajo fue analizar los factores ecológicos y su influencia en las poblaciones de *Diaphorina citri* en plantas de limonaria de zonas urbanas y en plantas de limón ubicadas en huertas aledañas.

3.2. Materiales y Métodos

Ubicación

El trabajo se realizó en cinco localidades de Veracruz, México, en el periodo de septiembre de 2012 a agosto de 2014. El criterio de selección de los sitios de muestreo fue que las localidades estuvieran en un gradiente que inició de la zona de costa hacia la zona montañosa del estado, así como también que estuvieran ubicadas en municipios productores de limón (Tabla 3.1).

Cuadro 3.1. Localidades, altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), distancia entre cada zona urbana y su parcela correspondiente (km), clave de identificación y ubicación geográfica de los sitios de muestreo.

Localidad	msnm	Distancia (km)	Clave de localidad	Coordenadas Geográficas (°)			
				Limón (LM)		Limonaria (OJ)	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
Tepetates	10	0.21	TEP	-96.33698	19.1954	-96.33898	19.19551
Soledad de Doblado	101	8.82	SDD	-96.50143	19.02439	-96.42208	19.05006
Paso del Macho	484	6.67	PDM	-96.78406	19.00075	-96.72612	18.97659
Atoyac	484	6.93	ATO	-96.75818	18.85225	-96.77835	18.91157
Cuitláhuac	371	4.88	CUI	-96.67787	18.82273	-96.72383	18.81686

*Coordenada centroides de las huertas de limón y coordenadas centroides para cada una de las zonas urbanas (INEGI, 2017).

Monitoreo de *D. citri* en plantas de *Murraya paniculata* en zonas urbanas

En cada localidad se seleccionaron al azar en la zona urbana cinco plantas de limonaria y en cada una de las plantas se colocó mensualmente una trampa amarilla con adhesivo entomológico Stick Bug 50% ® por un período de 72 h (Hall y Albrigo, 2007). Después de ese tiempo las trampas se colectaron y se llevaron al laboratorio para contabilizar con ayuda de un microscopio estereoscópico todos los individuos adultos de *Diaphorina citri* presentes en cada una de ellas. La colocación de trampas se realizó cada mes durante los 24 meses del muestreo en las mismas plantas seleccionadas desde el inicio.

Monitoreo de *Diaphorina citri* en plantas de limón en huertas

Se seleccionó una parcela comercial de limón (*Citrus latifolia* Takana) cercana a cada una de las zonas urbanas, las parcelas tenían dimensiones entre 0.5 y 1.5 ha. En cada parcela se seleccionaron cinco plantas de limón, ubicadas en la tercera fila separada del borde. Las trampas fueron colocadas alternadamente sobre las plantas en una misma fila. La frecuencia de captura y

contabilización de los adultos del vector se llevó a cabo de la misma manera que en las plantas de limonaria.

Medición de la brotación

En cada una de las plantas de limón y limonaria seleccionadas en el muestreo de *D. citri*, se registró el número de brotes nuevos dentro de un cuadrante de tubo de PVC de 40×40 cm (S. Curti-Díaz, comunicación personal, 24-07-2012), estos conteos se llevaron a cabo mensualmente en las mismas fechas de colecta de los psílicos.

Medición de temperatura y humedad relativa

Se colocó un data logger, HOBO® modelo Pro v2 en cada una de las parcelas de limón para tener el registro de temperatura y humedad relativa por hora durante todo el periodo de muestreo.

Análisis y procesamiento de datos

Para conocer la fluctuación de las poblaciones de *D. citri* a lo largo del muestreo y su relación con la brotación y los factores abióticos, se calcularon estadísticas descriptivas de las diferentes variables involucradas, la relación de temperatura y humedad relativa con las poblaciones de adultos se examinó con una distribución kernel bidimensional (Crawley, 2006). También se evaluó la contribución de los factores que influyen en la presencia de adultos de *D. citri* con un modelo lineal mixto; sus parámetros se estimaron con la función lmer, en el lenguaje estadístico R (Faraway, 2006). El modelo empleado para analizar la significancia de los componentes estudiados en notación R es el siguiente:

$$AD \sim \text{HOSP} + \text{TIEMPO} + \text{BROTE} + \text{HR} + \text{TEMP} + (1|\text{LOC}/\text{ID})$$

El modelo representa el efecto aditivo lineal en los conteos de adultos de *D. citri* AD de los factores a la derecha de la tilde \sim , es decir, en función de las plantas hospederas de limón y limonaria HOSP, los meses de muestreo TIEMPO, el número de brotes por planta BROTE, la humedad relativa promedio de cada mes HR y la temperatura promedio de cada mes TEMP. Este modelo se considera como mixto, ya que incluye efectos tanto fijos como aleatorios (Faraway, 2006). Los efectos fijos son los del lado derecho de la tilde a excepción de los componentes entre paréntesis, que son factores aleatorios, es decir, en el modelo se consideró que las localidades LOC, son una muestra aleatoria de las posibles localidades en la zona y las trampas ID se encuentran anidadas en la localidad, también consideradas como aleatorias; para reducir la complejidad en los análisis no se consideraron interacciones entre los factores. Para estimar el efecto de los factores en el modelo, se construyeron intervalos de confianza de los parámetros con muestreo bootstrap no paramétrico y $n=100$ (Thai et al., 2013). Los intervalos de confianza (95%) se estimaron con el cálculo de los cuartiles (0.025, 0.975) para cada parámetro del modelo. El análisis y procesamiento de la información obtenida se llevó a cabo con el programa R v 3.2.1 (R Core Team, 2015).

3.3. Resultados y Discusión

Fluctuación poblacional

La presencia de *D. citri* en las cinco localidades ocurrió en todo el período de muestreo y se encontró que las poblaciones presentaron variaciones estacionales. En total se capturaron 813 (48.7%) y 857 (51.3%) psílidos adultos en las plantas de limón y limonaria respectivamente, lo que indica que los insectos son un poco más abundantes en las zonas urbanas, lo cual puede ser un factor de riesgo por la cercanía de éstas a las zonas de producción de cítricos, ya que el vector

puede desplazarse por corrientes de viento o por medio de personas o vehículos que están en constante movimiento entre ambas zonas (Aubert y Hua 1990). En la Fig. 3.1 se representan los porcentajes totales de trampeo de *D. citri* para las cinco localidades en ambas hospederas. Las localidades ATO y PDM presentaron mayor abundancia de *D. citri* en plantas de limón, mientras que en las localidades CUI, SDD Y TEP se detectó un mayor número de psílicos en las plantas de limonaria.

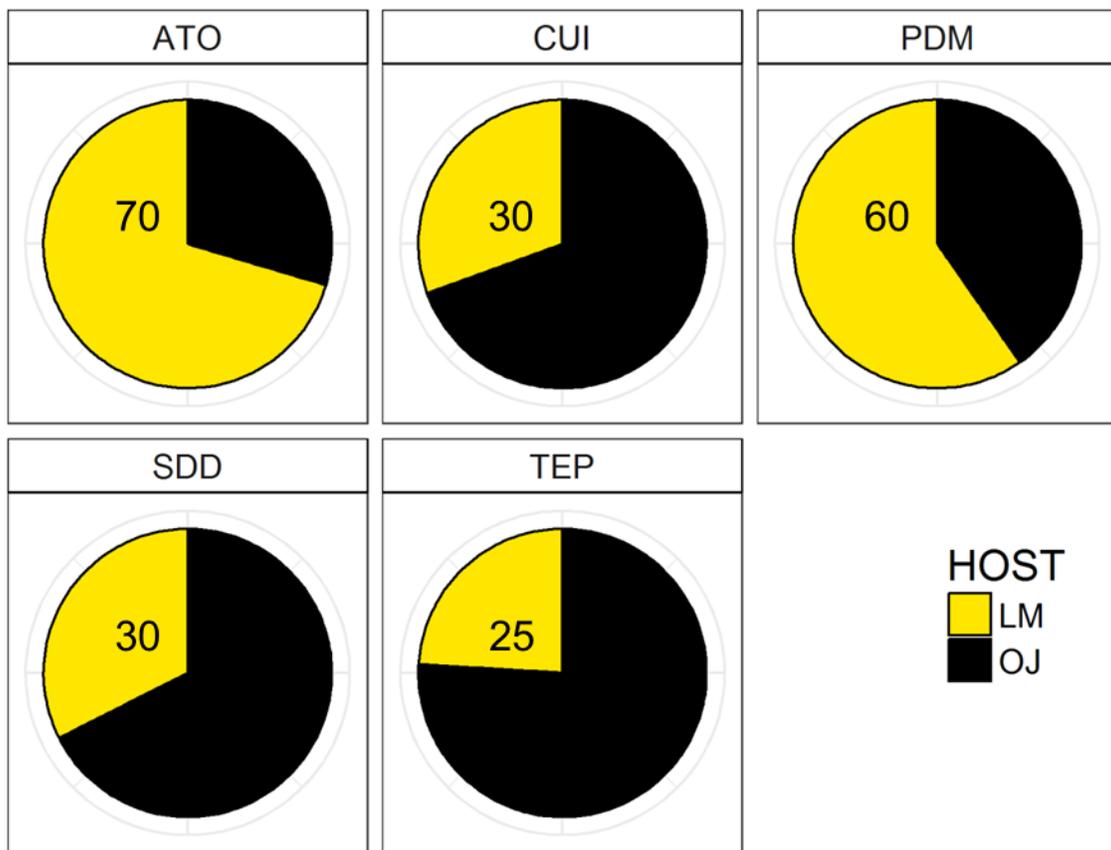


Fig. 3.1. Porcentaje total de capturas de *D. citri* en cinco localidades del centro de Veracruz. Limón (LM) y limonaria (OJ), de septiembre de 2012 a agosto de 2014. El encabezado de las figuras corresponde a las claves de las localidades. Los números corresponden al porcentaje de capturas en limón.

Los valores totales de las capturas de *D. citri* en las diferentes localidades examinadas durante el periodo de monitoreo, muestran que los psílidos están presente a lo largo de todo el año, que la localidad PDM presenta las mayores abundancias en plantas de limón, principalmente en los meses de marzo y mayo de 2013, mientras que en la localidad CUI se observa un incremento en la abundancia de psílidos en las plantas de limonaria a partir de los meses de marzo, junio y agosto de ese mismo año. La localidad SDD presentó las mayores abundancias en el mes de junio en plantas de limonaria en 2013. Por su parte la localidad ATO registró mayores abundancias en plantas de limón, principalmente en el mes de mayo de 2014. Finalmente, en la localidad TEP se obtuvieron los valores de captura más bajos tanto en plantas de limonaria como de limón donde los registros fueron prácticamente nulos en los años 2012 y 2014 (Fig. 3.2).

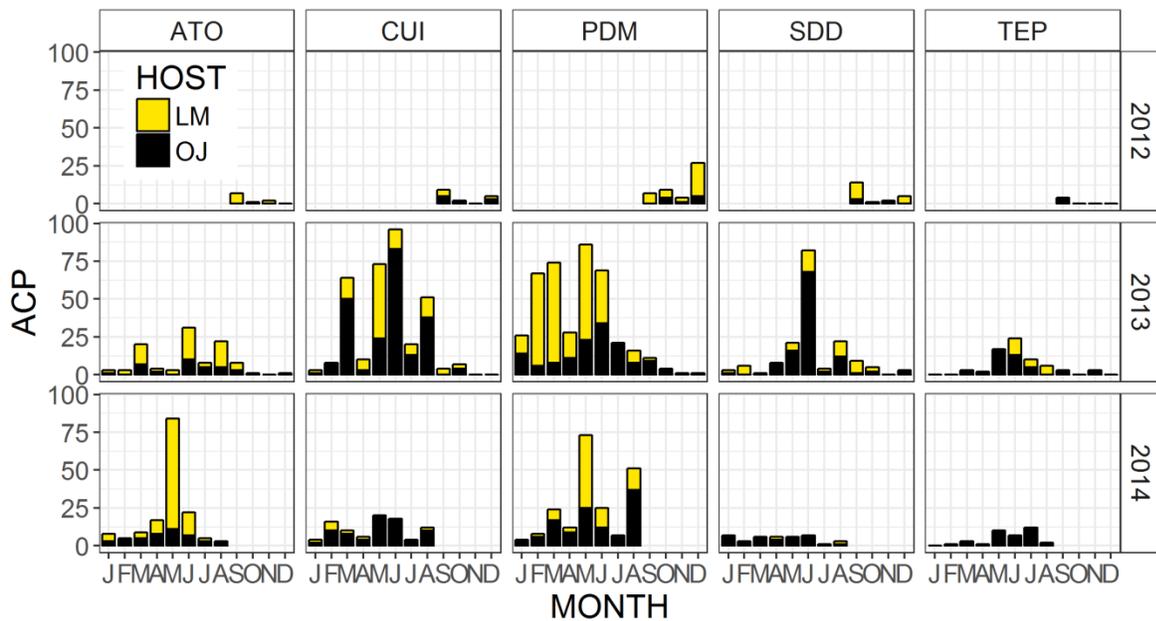


Fig. 3.2. Fluctuación poblacional de las capturas de *D. citri* por hospedera, barras blancas= limón (LM), barras negras= limonaria (OJ). En el eje horizontal se presentan los meses del año y en el eje vertical se presentan los totales de captura para cada año de muestreo. Cada columna se refiere a una localidad.

Estos resultados concuerdan con los de Ortega-Arenas et al. (2013), quienes encontraron que *D. citri* estuvo presente durante todo su muestreo en Cazones, Veracruz y que los picos poblacionales se presentan en los meses de marzo, abril y junio. Sule y Muhamad (2014), observaron en Malasia picos poblacionales del psílido en los meses de marzo y julio, los cuales corresponden con la época cuando la temperatura es relativamente alta. También Hijam y Sharma (2014), reportaron en India que, aunque el vector está presente a lo largo de todo el año, al igual que en los resultados de la presente investigación, las poblaciones disminuyen en los meses de invierno. Asimismo, la dinámica de poblaciones es similar a la encontrada en CUI previamente sobre plantas de limonaria (Hernández et al., 2013). Por lo tanto, los resultados indican que el patrón de fluctuación de los adultos de *D. citri* a nivel regional es generalmente similar en OJ y LM, excepto por los valores absolutos de densidades. Esto tiene repercusiones para el manejo de este insecto, pues se conoce que se puede desplazar tanto de manera activa por unos cuantos metros o bien de manera pasiva, arrastrado por los vientos (Kobori et al., 2011; Hall et al., 2012), en este estudio, las distancias entre parcelas de cítricos y plantas de limonaria varió de 0.2 a 8 km (Tabla 3.1), lo cual indica el riesgo potencial de fuente de inóculo de las plantas de limonaria en zonas urbanas.

Brotación

La dinámica de los brotes durante el período de muestreo se muestra en la Fig. 3.3. Se observa que los brotes fueron más abundantes y ocurrieron durante más tiempo en las plantas de limonaria que en las de limón. En las plantas de limonaria esto ocurre posiblemente porque al ser plantas ornamentales, éstas reciben mayores cuidados de las personas, mientras que en el limón esto ocurre por su propia dinámica o bien por manejo a través de podas (Hall y Rohrig, 2015;

Pluke et al., 2008;). Puesto que los brotes son un factor clave en las poblaciones del vector (Hall et al., 2008), su constante ocurrencia en las plantas de limonaria son un factor de riesgo en las zonas urbanas de esta zona.

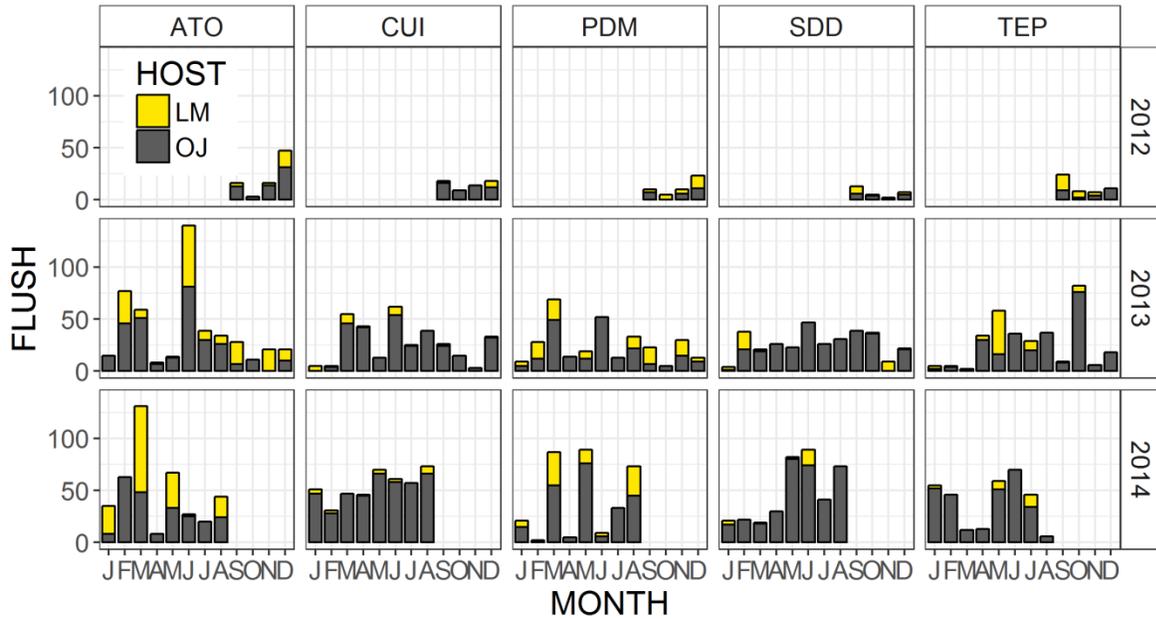


Fig. 3.3. Dinámica temporal de brotes jóvenes en limonaria (OJ) y limón (LM) en las cinco localidades de muestreo durante los años 2012-2014.

En cuanto al efecto de los brotes con la abundancia de *D. citri* en las plantas de limón, en las localidades CUI y PDM los psílidos aumentaron antes de que el número de brotes llegara a 20, contabilizando más de 60 adultos en total (Fig. 3.4). Por su parte, en la localidad ATO, se presentó un pico poblacional de más de 70 adultos en total, cuando se contabilizaron más de 30 brotes en plantas de limón. Por otro lado, las poblaciones del psílido en plantas de limonaria presentaron picos cuando los conteos fueron por encima de los 40 brotes, además, el registro más alto por encima de los 80 psílidos fue en la localidad CUI, cuando se contabilizaron aproximadamente 55 brotes. También en la localidad SDD se encontró un pico poblacional de

casi 70 psíldos cuando se contabilizaron 45 brotes o más (Fig. 3.4). Estos resultados reflejan el efecto indirecto de los brotes en las poblaciones de adultos, es decir, debido a que las ninfas son las que se desarrollan en los brotes, la emergencia de adultos se deriva de estas poblaciones. Al igual que Pluke et al. (2008) y Tsai et al. (2002), en la presente investigación, se encontró que la población del psílido se relaciona positivamente con la disponibilidad de brotes, tanto en plantas de limón como de limonaria.

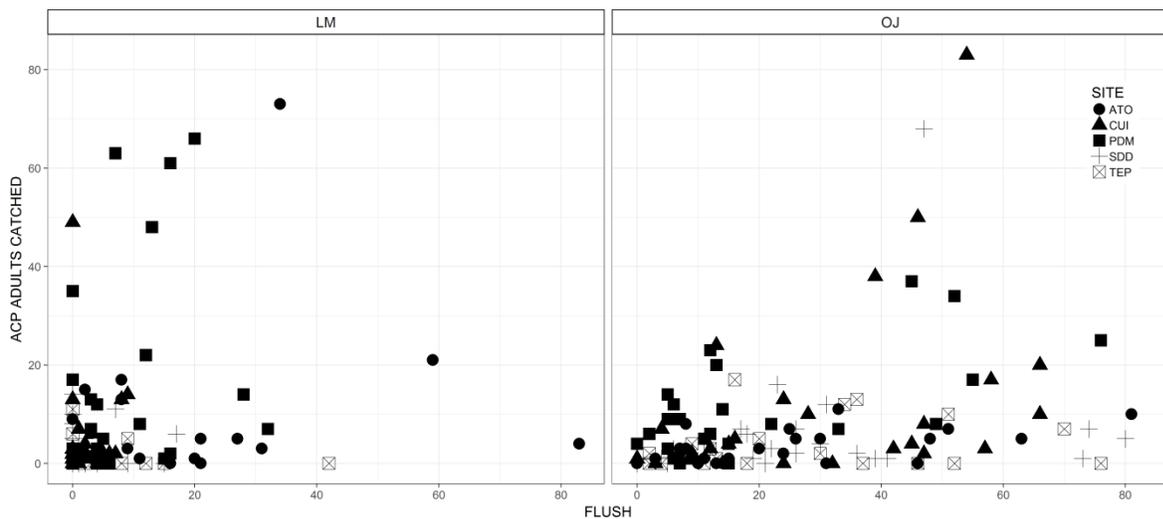


Fig. 3.4. Relación entre el número total de adultos de *D. citri* capturados en trampas y el número total de brotes en las dos especies hospederas, plantas de limón (LM) y plantas de limonaria (OJ). Los símbolos representan las localidades de muestreo.

Los niveles de abundancia de *D. citri* en limonaria en las diferentes localidades indican que esta especie es un hospedero alternativo importante de este insecto, ya que alberga a las poblaciones de psílido cuando no existe disponibilidad de brotes en cítricos; esto es importante ya que por la cercanía entre las parcelas de limón y las zonas urbanas que contienen *M. paniculata*, existe la posibilidad de desplazamiento en hacia los cultivos de limón o al revés, de huertos comerciales a áreas urbanas, ya que se sabe que los insectos pueden ser transportados por medio de corrientes

de aire por varios kilómetros (Aubert y Hua, 1990; Hall et al., 2012). Por tal motivo es importante ser cuidadoso con el manejo de estas plantas, implementar estrategias de manejo más adecuadas cuando las poblaciones del psílido se encuentren establecidas, ya sea en zonas de producción citrícola y/o en zonas urbanas cercanas a las parcelas, o en el mejor de los casos, promover acciones de control biológico o aplicación de productos biorracionales en las zonas urbanas debería ser parte importante de los programas de manejo de Huanglongbing y su vector (Chong et al., 2010).

Temperatura

Los valores de temperatura registrados en el período de muestreo se presentan sintetizados en la Fig. 3.5; estos valores muestran que los sitios que presentaron valores más altos de temperatura fueron las localidades ATO, CUI y TEP, con temperaturas por encima de los 40 °C. En estos sitios la temperatura media estuvo por encima de los 25 °C. La temperatura media de la localidad SDD (25.6 °C) se comportó de manera similar que las anteriores, aunque los valores extremos fueron menores a los 40 °C. Por su parte la localidad PDM tampoco presentó valores de temperatura por encima de los 40 °C y fue la localidad con el valor de temperatura media más bajo con 23.1 °C.

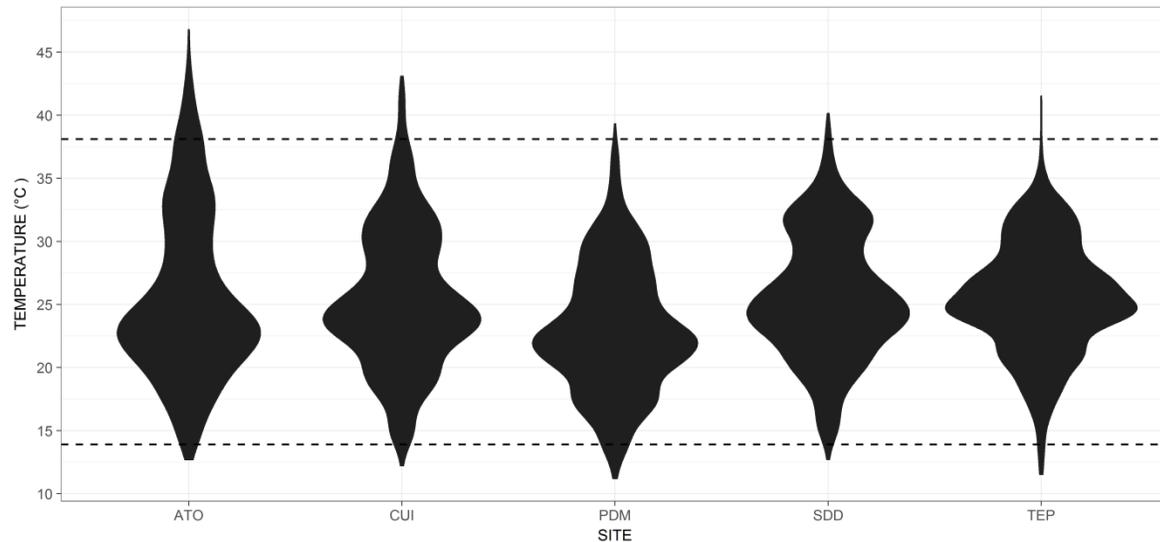


Fig. 3.5. Gráficas de violín que representan las distribuciones de las temperaturas registradas durante el periodo de monitoreo (2012-2014) para las localidades donde se realizó el muestreo de *D. citri*. Las líneas punteadas representan las temperaturas umbrales mínimas y máximas de desarrollo.

Como se observa, en todos los casos las temperaturas se encuentran en su mayoría arriba de la temperatura umbral de desarrollo, que se encuentra entre 12 °C y 13.9 °C para esta especie (Nava et al., 2007). En cuanto a las temperaturas máximas, se han estimado en laboratorio valores cercanos a 38.1 °C (López-Collado et al., 2013). Las temperaturas óptimas para oviposición se han estimado entre 16 y 41 °C (Hall et al., 2011) mientras que para desarrollo se encuentran entre 25 y 28 °C (Tsai et al., 2000), por lo cual se puede deducir que en estos sitios la temperatura no es un factor limitante de las poblaciones sino que ofrece las condiciones propicias para el desarrollo de este insecto.

Humedad Relativa

En todos los sitios de monitoreo del psílido se observa que el porcentaje de humedad relativa alcanzó el 100%, que las localidades CUI y ATO registraron los valores más bajos, por debajo

del 20%, seguidas de las localidades PDM y SDD. La localidad TEP fue la única que mantuvo su valor menor por arriba del 25% de humedad (Fig. 3.6). Son pocos los trabajos realizados con humedad relativa y su efecto en *D. citri*; en un trabajo realizado en naranjas dulces, se encontró que la humedad relativa afecta positivamente las poblaciones de *D. citri* en huertos de Florida (Martini et al., 2016), mientras que Lakra et al. (1983) encontraron que un rango entre 30 y 75% de HR son favorables para el crecimiento de las poblaciones de este insecto.

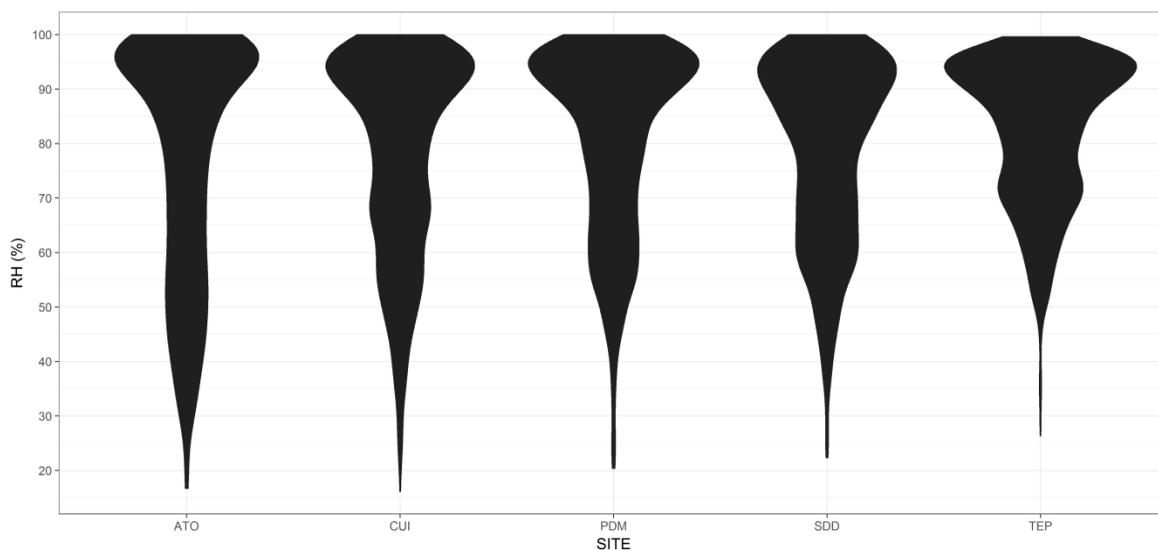


Fig. 3.6. Gráfica de violín que representa la distribución de los valores de humedad relativa (%) durante el periodo de monitoreo (2012-2014) para cada una de las localidades.

Zona de confort térmico y de humedad relativa para las poblaciones de adultos de *Diaphorina citri*.

En la Fig. 3.7 se observa la relación conjunta entre temperatura, humedad relativa y las capturas de psílidos. En las plantas de limón, las poblaciones de *D. citri* tuvieron conteos máximos mensuales entre 40 y 60 individuos. Por otro lado, las mayores poblaciones del vector se encontraron por arriba del 60% y hasta un 90% de humedad relativa y entre 20 y 30 °C. En plantas de limonaria, se observa que las poblaciones fueron ligeramente más abundantes que en

las plantas de limón, los conteos de adultos fueron de 60 a 80 individuos. En cuanto a la humedad relativa, los conteos de psílicos fueron más frecuentes entre el 55 y el 90% aproximadamente y entre 15 y 30 °C. En general, en ambas especies, la zona óptima se encuentra a temperaturas entre 26 y 28 °C y para la humedad relativa entre 75 y 85% aproximadamente y que temperaturas bajas con humedades relativas bajas son desfavorables para las poblaciones de este psílido.

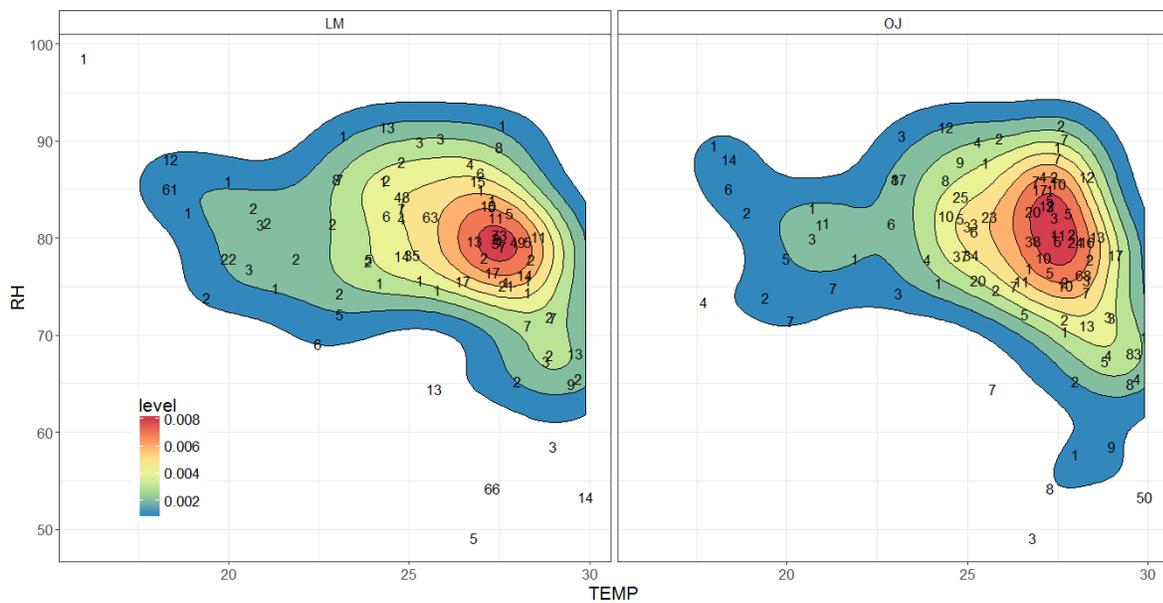


Fig. 3.7. Distribución bi-dimensional kernel de las capturas (> 0) de *D. citri* en limón (LM) y limonaria (OJ) en función de la humedad relativa (HR%) y temperatura (TEMP, °C). Los números indican el número de insectos adultos capturados para la combinación respectiva de HR y temperatura.

Estos resultados coinciden con los de Hall y Albrigo (2007) y Hall et al. (2008), quienes reportaron que la temperatura óptima para el aumento de las poblaciones del psílido se presenta entre los 24 y 28° C, así como los de Ortega-Arenas et al. (2013), quienes encontraron que los picos poblaciones se presentan cuando las temperaturas oscilan entre los 25 y 29° C. Ubaidullah et al. (2015), mencionan que cuando la temperatura disminuye las poblaciones del vector

decrecen. En cuanto a la humedad relativa podemos comparar los resultados con los de McFarland y Hoy (2001), quienes mencionan que el incremento de las poblaciones de *D. citri*, se relaciona positivamente con el incremento de la humedad relativa, sin embargo, valores muy bajos o muy altos de HR afectan negativamente a las poblaciones (Teck et al., 2011), siendo similar a lo encontrado en este trabajo.

Modelado de los factores en las capturas de *Diaphorina citri*

En relación a la evaluación cuantitativa de los factores estudiados, en la Fig. 3.8 se observa la distribución de muestreo de los parámetros del modelo, representados por puntos. La interpretación de los valores de los parámetros estimados indican una mayor influencia sobre las poblaciones de *Diaphorina citri* cuando se alejan de cero. Se observa que la variable que tiene un mayor efecto es la de plantas hospederas, es decir, que las poblaciones del psílido guardan una mayor relación con ésta. El valor negativo significa que, en general, la población del vector fue más abundante en plantas de limonaria que en plantas de limón lo cual se había descrito previamente. Además, el número de brotes, así como la temperatura tienen influencia positiva en las poblaciones del psílido, lo que significa que al aumentar la temperatura o el número de brotes se incrementan las capturas de *D. citri*. Por otra parte, las variables que menos afectaron las poblaciones fueron el tiempo y la humedad relativa. Los resultados de la presente investigación coinciden con los de Teck et al. (2011) y Hall et al. (2008), quienes encontraron los picos poblaciones del psílido se relacionan con los ciclos y aumento de brotes, además, encontraron que el aumento en la humedad relativa es poco significativo, es decir, el insecto es más resiliente a cambios en la humedad relativa. Por su parte, Sohail et al. (2004) sugieren que las poblaciones de *D. citri* fluctúan en relación a la temperatura. Es importante destacar que, aunque el tiempo

tuvo un efecto marginal, esto se debe a que se empleó un modelo lineal, sin embargo, se observa en la Fig. 3.2 que las poblaciones si cambian significativamente con el tiempo, sin embargo, dicha fluctuación es no lineal por lo cual no se refleja en el análisis de este modelo.

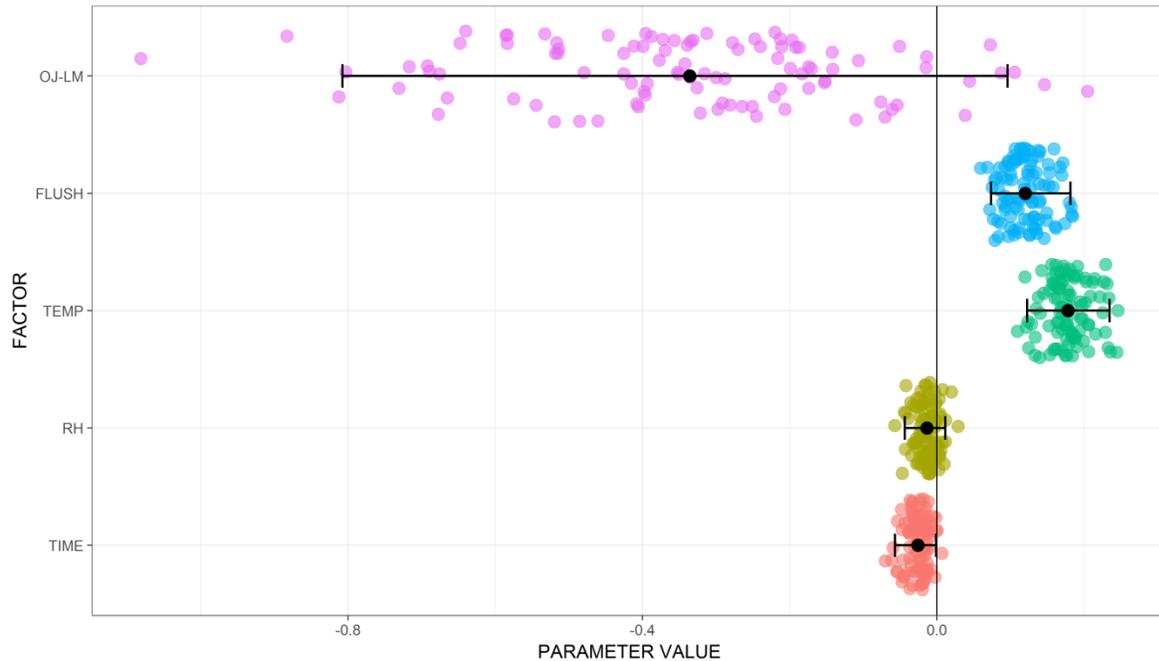


Fig. 3.8. Distribución de muestreo *bootstrap* no paramétrico (puntos) de los parámetros: hospedera= OJ-LM, brote= FLUSH, temperatura= TEMP, humedad relativa= HR, Tiempo= TIME) del modelo lineal mixto que afectan las poblaciones de adultos de *D. citri*. Las líneas horizontales representan los límites inferior y superior del intervalo de confianza (95%). El punto negro en cada una de las líneas indica el valor de la media para cada uno de los parámetros.

3.4. Conclusión

En ambas hospederas las poblaciones del vector estuvieron presentes en todo el muestreo, con mayor abundancia en verano. Las poblaciones tienden a incrementarse con la temperatura dentro de un rango de favorabilidad para luego decaer. La humedad relativa también afecta las poblaciones del psílido pero éste es menos sensible a sus cambios. Por otra parte, las poblaciones se favorecen con el incremento en el número de brotes, principalmente en plantas de limonaria, a

mayor número de brotes nuevos mayor presencia de psílicos adultos en trampas. Las poblaciones del vector resultaron ser ligeramente más abundantes en plantas de limonaria que en plantas de limón, pero la similitud de las poblaciones representa un riesgo para los huertos comerciales de limón por la cercanía de los dos hospederos, ya que puede existir un riesgo de desplazamiento del psílido en ambas direcciones.

3.5. Agradecimientos

La investigación fue apoyada por la beca CONACyT número 243576 del primer autor.

3.6. Literatura citada

- Alemán, J., Baños, H., Ravelo, Y.J., 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing una combinación destructiva para la producción citrícola. *Rev. Prot. Veg.* 22(3), 154-165.
- Aubert, B., 1984. The Asian and African Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, *Trioza erytrea* (Del Guercio) (Homoptera Psyllidae), in the South West of Saudi Arabia. Proposals for an integrated control programme. Report to the FAO. 25 pp.
- Aubert, B., Hua, X.Y., 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies. En: Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific Region. Proc. 4th International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation, Chiang Mai, Thailand (pp. 4-10).
- Aurambout, J.P., Findlay, K.J., Luck, J., Beattie, G.A.C., 2009. A concept model to estimate the potential distribution of Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change a means for assessing biosecurity risk. *Ecol. Model.* 220, 2512–2524.
- Bayles, B.R., Thomas, S.M., Simmons, G.S., Grafton-Cardwell, E.E., Daugherty, M.P., 2017. Spatio temporal dynamics of the southern California Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*) invasion. *PLoS One* 12(3). e0173226. doi:10.1371/journal.pone.0173226). 1-17.
- Chong, J.H., 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. *J. Agr. Urban Entomol.* 27(1), 33-49.
- Crawley, M.J., 2006. *The R Book*. Wiley, Chichester.

- 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 Dis.* 94, 528-533.
- DOF, 2010. Secretaria 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. Fecha de publicación 16-08-2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Citrus Fruit Statistics 2015. Market and policy analyses of raw materials, horticulture and tropical (RAMHOT) products Team. Trade and markets division. Rome. http://www.fao.org/economic/est/publications/en/#.V7-5_JjhCM8. Accesado: 02- Agosto-2016.
- Faraway, J.J., 2006. Extending the linear model with R. Generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Taylor & Francis Group. 345 pp. <https://englianhu.files.wordpress.com/2016/01/faraway-extending-the-linear-model-with-r-e28093-2006.pdf> Accesado: 12-abril-2016.
- French, J.V., Kahlke, C.J., da Graça, J.V., 2001. First record of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Texas. *Subtrop. Plant Sci.* 53, 14-15.
- 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. *J. Econ. Entomol.* 108(1), 3-10.
- 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 Pathol.* 59, 1044-1053.
- Hall, D.G., Albrigo, L.G., 2007. Estimating the relative abundance of flush shoots in citrus with implications on monitoring insects associated with flush. *Hort. Sci.* 42, 364-368.
- Hall, D., Richardson, M.L., Ammar, E-D., Halbert, S.E., 2012. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of huanglongbing disease. *Entomol. Exper. & Appl.* 146, 207-223. DOI: 10.1111/eea.12025
- Hall, D.G., Rohrig, E., 2015. Bionomics of Asian citrus psyllid (Hemiptera:Liviidae) associated with orange jasmine hedges in Southeast Central Florida, with special reference to biological control by *Tamarixia radiata*. *J. Econ. Entomol.* 108(3), 1198-1207.

- Hall, D.G., Hentz, M.G., Adair, R.C., 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environ. Entomol.* 37(4), 914-924.
- Hall, D.R., Wenninger, E.J., Hentz, M.G., 2011. Temperature studies with the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*: Cold hardiness and temperature thresholds for oviposition. *J. Insect Sci.* 11(83), 1-15.
- 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 Zool. Mex.* (n.s.). 29(2), 334-345.
- Hijam, S.D., Sharma, D.R., 2014. Impact of abiotic factors on build-up of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama population in Punjab, India. *J. Appl. Nat. Sci.* 6(2), 371-376.
- INEGI. 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Catalogo único de claves de áreas geoestadísticas estatales, municipales y localidades. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx> Accesado: 23-02-2017
- 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. *Appl. Entomol. Zool.*, 46, 27-30.
- Lakra, R.K., Zilesingh., Kharub, W.S., 1983. Population dynamics of citrus psylla *Diaphorina citri* Kuwayama in Haryana Indian. *J. Ent.* 45(3), 301-310.
- López-Collado, J., López-Arroyo, J.I.; Robles-García, P.L., Márquez-Santos, M., 2013. Geographic distribution of habitat, development, and population growth rates of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* in Mexico. *J. Insect Sci.* 13(114), 1-17.
- López-Arroyo, J.I., Peña, M.A., Rocha, M.A., Loera, J., 2005. Ocurrencia en México del psílido asiático *Diaphorina citri* (Hemíptera: Psyllidae), pp. C68. En: *Memorias del VII Congreso Internacional de Fitopatología*. Chihuahua, Chih., Méx.
- 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.
- Martini, X., Pelz-Stelinski, K.S., Stelinski, L.L., 2016. Factors affecting the overwintering abundance of the Asian citrus psyllid (Hemiptera:Liviidae) in Florida citrus (Sapindales:Rutaceae) orchards. *Fla. Entomol.* 99(2) 178-186.
- McFarland, C.D., Hoy, M.A., 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Fla. Entomol.* 84, 227-233.

- Michaud, J.P., 2004. Natural mortality of asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biol. Control.* 29, 260-269.
- Nava, D.E., Torres, M.L.G., Rodrigues, M.D.L., Bento, J.M.S., Parra, J.R.P., 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *J. Appl. Entomol.* 131(9-10), 709-715.
- Ortega-Arenas, L.D., Villegas-Monter, A., Ramírez-Reyes, A.J., Mendoza-García, E.E., 2013. Seasonal abundance of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in citrus groves in Cazonos, Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*. 29(2), 317-333.
- Pelz-Stelinski, K.S., Kingdom-Gibbard, H., Martini, X., Stelinski, L.L., 2017. Overwintering habitat use of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of a major phytopathogen. *Agric. Forest Entomol.* 19, 171-180.
- 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. *Fla. Entomol.* 91, 36-42.
- Ramana, K.V.R., Govindarajan, V.S., Ranganna, S., 1981. Citrus fruits varieties, chemistry, technology, and quality evaluation. Part I: Varieties, production, handling, and storage. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15, 353-431.
- Sétamou, M., Flores, D., French, J.V., Hall, D.G., 2008. Dispersion patterns and sampling plants for *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) in citrus. *J. Econ. Entomol.* 101(4), 1478-1487.
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF), 2017. Mapa dinámico fitosanitario. Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) en México. <http://www.sinavef.gob.mx/MDF/> Accesado: 02-04-2017.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016. Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp Accesado: 27-08-2016.
- Sohail, A., Nisar, A., Rasool, R.K., 2004. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina citri*. *Int. J. Agric. and Biol.* 6, 970-973.
- 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. *J. Biosci.* 19(2), 9-19.
- Sule, H., Muhamad, R., 2014. Dynamics and distribution of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in a citrus orchard in Terengganu, Malaysia. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LVII.

- Teck, S.L.C., Abang, F., Beattie, A., Heng, R.K.J., Wong, S.K., 2011. Seasonal population dynamics of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in Sarawak. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 6, 527-535.
- Teixeira, D.C., Danet, J.L., Eveillard, S., Martins, E.C., de Jesus Jr., W.C., Yamamoto, P.T., Lopes, S.A., Bassanezi, E.B., Ayres, A.J., Saillard, C., Bové, J.M., 2005. Citrus Huanglongbing in São Paulo, Brazil: PCR detection of the ‘Candidatus’ Liberibacter species associated with the disease. *Mol. Cell. Probes.* 19, 173–179.
- Thai, H.T., Mentre, F., Holford, H.G., Veyrart-Follet, C., Comets, E., 2013. A comparison of bootstrap approaches for estimating uncertainty of parameters in linear mixed-effects models. *Pharm. Stat.* 12, 129-140. DOI: 10.1002/pst.1561.
- Tsai, J.H., Wang, J.J., Liu, Y.H., 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on Orange jessamine in Southern Florida. *Fla. Entomol.* 83(4), 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. *Fla. Entomol.* 85, 446–451.
- Ubaidullah, F. H., Jaffrey, Z. H., Husnain, T., Hamza-Bin-Riazand, A.S., Sher, A., 2015. Impact of abiotic factors on population fluctuations of citrus psylla (*Diaphorina citri*) in Faisalabad (Pakistan). *Int. J. Curr. Res.* 7(11), 22167-22171.

CONCLUSIONES GENERALES

En la zona urbana de Cuitláhuac, los adultos de *Diaphorina citri* se localizan dentro y en la periferia y su disposición se presenta de forma agregada.

Se encontraron dos picos poblacionales: en los meses de marzo y julio, y las poblaciones se encuentran presentes todo el año.

En cuanto a los dos grupos de pobladores de la localidad que fueron entrevistados, se encontró que ambos poseen información sobre temas de la campaña de control de HLB y su vector.

Los encargados de las empacadoras son los más informados sobre temas relacionados con la enfermedad, aunque en temas relacionados con *Murraya paniculata*, ambos grupos tienen un alto grado de desinformación.

En cuanto a las poblaciones de *D. citri* están presentes tanto en limón como en limonaria en el transecto en la zona centro del estado, en ambas hospederas se encuentran presentes todo el año.

Se encontró que las poblaciones de *D. citri* tienden a aumentar con el incremento en el número de brotes en las plantas, principalmente en limonaria.

La temperatura también es un factor importante para el aumento de las poblaciones, aunque otros factores como la humedad relativa y el tiempo de muestreo también afectan a los psílidos aunque en menor medida.

La sincronización de las poblaciones de *D. citri* representa un riesgo para huertos comerciales de limón por la cercanía de las zonas urbanas donde se encuentran sus hospederas.