



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
PROGRAMA CENTROAMERICANO DE MAESTRÍA EN ENTOMOLOGÍA

MONITOREO DE *Diaphorina citri* Kuwayama (HEMIPTERA: LIVIIDAE)
PRESENTE EN UN CULTIVO DE *Citrus latifolia* (RUTACEAE) EN RÍO
GRANDE, PENONOMÉ.

SUSANA ISABEL KOO

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL
GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS CON ÉNFASIS EN ENTOMOLOGÍA

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2016.

57

**MONITOREO DE *Diaphorina citri* Kuwayama (HEMIPTERA: LIVIIDAE)
PRESENTE EN UN CULTIVO DE *Citrus latifolia* (RUTACEAE) EN RÍO
GRANDE, PENONOMÉ.**

TESIS

Sometida para optar al título de Magister en Ciencias con énfasis en Entomología

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

**Permiso para su publicación o reproducción total o parcial, debe ser obtenido en la
Vicerrectoría de Investigación y Postgrado**

APROBADO

ASESOR

Iséctor G.B.

JURADO

Amel Annet Berbe G.

JURADO

3 JUL 2017

Diego Quiroga

AGRADECIMIENTOS

Culmino una etapa de mi vida la cual con tantas ansias soñé, ha sido un largo recorrido de muchas caídas, tropiezos, llantos, alegrías, una gama de sentimientos inexplicables que me llenaron de alegría. Una de las cosas más importantes que uno debe tener presente es creer en sí mismo y nunca perder el camino hacia sus objetivos y metas.

El día de hoy, lunes 24 de octubre de 2016, doy gracias a Dios por darme vida y salud para cerrar una puerta y continuar con las demás.

Agradezco enormemente al panel de profesores con los cuales compartí muchos de sus conocimientos que me han servido de mucha ayuda.

- 1) El Dr. Cheslavo Korytkowski, el cual físicamente no se encuentra con nosotros y extraño mucho, fue uno de los mejores mentores que he tenido a lo largo de mi carrera universitaria, me dio la oportunidad de poder efectuar este trabajo de graduación y me acompañó hasta que Diosito se lo llevo a su lado, siempre será recordado.
- 2) El Dr. Enrique Medianero, desde el día uno siempre supe que quería trabajar con él, no solo fue un gran mentor, sino que es un gran consejero, tutor y un excelente guía.
- 3) El Dr. Héctor Barrios, sus sabios consejos (aunque fuertes) siempre fueron atinados, pero son aquellos consejos que nos fortalecen más.
- 4) La Dra. Yolanda Águila, una mujer fuerte y luchadora, que desde que estaba en la licenciatura siempre me motivo a levantarme, a no decaer y mirar siempre para el frente, gracias por creer siempre en mí y por escucharme cuando lo necesitaba.

A todos ustedes panel de profesores del Instituto de Entomología, muchas gracias por su dedicación y apoyo incondicional

A los representantes de la finca de Jardines Urbanos, lugar donde realice mi investigación, muchas gracias por darme la oportunidad de poder realizar mi proyecto ahí

Agradezco a todos los integrantes de la promoción XV, fueron muchos momentos lindos que vivimos durante aquellos dos años de convivencia. Pero quiero extender un especial agradecimiento a mis dos pilares, que sin ellas no hubiera podido sola, gracias Janeth Sanchez (mami) y Altagracia Aguirar (chichi)

También agradezco aquellas personas que me colaboraron con información que requerí en el momento y algunos que me ayudaron en la confección de mi presentación final, muchas gracias Lic. Luis Soto, Lic. Alberto Cumbreira (ETESA), Lic. Carlos Centella (ETESA)

Agradezco a mis amigos y a todas aquellas personas que estuvieron siempre halando las orejas para terminar mi trabajo de graduación, gracias Dra. Anayansi, Josue Young, Jose Carlos De Gracia

No puedo dejar de agradecer aquella persona que siempre estuvo para escucharnos en aquellos momentos de llantos y preocupación y que nos colabora siempre en las tareas administrativas, muchas gracias Vickelda

Un especial agradecimiento a mi querida a mi Brigitte Kristine Henriquez, la cual siempre me ha apoyado en todo momento, me incentivo siempre a seguir adelante, a no flaquear, a no olvidar quien soy y hacia donde quiero ir, gracias amiga por tu apoyo incondicional

Por ultimo y no menos importantes, quiero agradecer a mi familia, a mi queridos hermanos que a pesar de algunas indiferencias me han apoyado siempre. Mi querido hermano José Koo que sacrifico muchos fines de semana porque acompañarme en mis giras, a mi hermana Maria Koo, quien también me acompañó en mis giras, mis hermanitas Angela Koo y Ana Koo, siempre apoyando y creyendo en mí

Un especial agradecimiento a mis queridos padres, estoy muy bendecida por tenerlos a ellos en mi vida, sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Mis padres también sacrificaron muchos fines de semana para acompañarme a mis giras, se turnaban con mi hermano, mi querida madre Ana Cecilia Koo, estuvo muy pendiente desde el día cero y cuando se me presentaba algún inconveniente siempre buscó la forma de colaborarme, además de ser un apoyo incondicional en el trabajo de campo, mi padre, Luis Antonio Koo, que desde Colón junto a mi madre, emprendían un largo camino conmigo hasta Penonomé, fueron muchas horas de manejo y varias semanas en el año que efectué mi

trabajo de campo Mi abuelita hermosa que siempre preocupada por nosotros y siempre dandonos los mejores consejos Los amo a todos y me faltarían vidas para poder agradecerles por todo

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de graduación a mi familia que amo y adoro mucho, en especial a mis padres que me lo han dado todo y que me han acompañado y apoyado en cada una de las etapas de mi vida, sin juzgarme

Al Dr Cheslavo, que en paz descanse, dueño del proyecto y que confió en mí desde un principio

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
2.1. Generalidades del vector.....	6
2.1.1. Taxonomía de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama.....	6
2.1.2. Descripción de las características morfológicas.....	8
2.1.3. Ciclo de vida y factores limitantes para su desarrollo.....	11
2.1.4. Origen y distribución.....	14
2.1.5. Biología y ecología.....	16
2.1.6. Daños e importancia.....	17
2.2. Generalidades de la enfermedad “Huanglongbing”.....	19
2.2.1. Descripción de la enfermedad.....	19
2.2.2. Antecedentes.....	20
2.2.3. Distribución geográfica.....	23
2.2.4. Agente causal.....	24
2.2.5. Modo de transmisión y diseminación.....	26
2.2.6. Sintomatología.....	28

2.3. Medidas de control de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama	30
2.3.1. Control Químico	31
2.3.2. Control Biológico	33
2.3.2.1. Depredadores	33
2.3.2.2. Parasitismo por <i>Tamarixia radiata</i>	34
2.3.2.2.1. Descripción	34
2.3.2.2.2. Características morfológicas del adulto	35
2.3.2.2.3. Ciclo de vida	37
2.3.2.2.3. Bioecología	38
2.4. Generalidades de limón persa (<i>Citrus latifolia</i>)	40
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1. Descripción del área de estudio	43
3.2. Detección de <i>Diaphorina citri</i>	45
3.2.1. Muestreo de los adultos de <i>Diaphorina citri</i> con el uso de trampas amarillas	50
3.2.2. Muestreo de los adultos de <i>Diaphorina citri</i> por “paragua entomológico o japonés” (modificado)	51
3.2.3. Muestreo de los adultos de <i>Diaphorina citri</i> por aspirador manual	52
3.2.4. Muestreo de ninfas y huevos de <i>Diaphorina citri</i>	53
3.3. Parasitismo por <i>Tamarixia radiata</i>	54
3.4. Análisis estadístico	55

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	73
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES	75
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Información general de las parcelas de limon persa en la finca de Jardines Urbanos	45
Cuadro 2.	Coordenadas de los cinco sitios de colecta en la finca de Jardines Urbanos, Penonomé	47
Cuadro 3.	Análisis de la media de técnicas de muestreo de <i>Diaphorina citri</i>	67
Cuadro 4.	Evaluación de la eficiencia de las técnicas de muestreo de <i>Diaphorina citri</i>	69

RESUMEN

La citricultura ocupa el noveno lugar en producción más destacada en América Central, presentando ganancias para más de 100 mil productores de hasta 887 millones de dólares. En Panamá se ha visto amenazada por la introducción de una de las plagas de cítricos más importantes a nivel mundial, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *D. citri* es de vital importancia debido a su capacidad vectorial de transmitir la bacteria *Candidatus Liberibacter sp.*, causante de la enfermedad Huanglongbing (HLB). En Panamá la enfermedad aun no se ha pronunciado, sin embargo, es necesario obtener información sobre la dinámica poblacional de este vector y así detectar poblaciones infectadas con la bacteria mediante la implementación de un sistema de monitoreo. El objetivo de la presente investigación fue determinar la técnica de muestreo más apropiada que definiera la fluctuación poblacional del vector y la relación que tiene su incidencia con los factores abióticos y bióticos. El proyecto se realizó mediante muestreos semanales, durante el periodo de febrero de 2013 hasta febrero 2014, en la finca de Jardines Urbanos, Río Grande, Penonomé. La captura de adulto se llevó a cabo mediante el uso de tres técnicas de muestreo: aspirador manual, golpeteo y trampas amarillas, mientras que el de las ninfas y huevos a través de la recolecta de brotes vegetativos. Los resultados muestran que la mayor incidencia de los adultos se presentó durante los meses de mayo y octubre coincidiendo con los meses de mayor emergencia de brotes, no siendo el caso de los estadios inmaduros donde su mayor abundancia se presentó en el mes de julio. La temperatura máxima presentó una correlación baja (<0.05) con respecto a la abundancia de *D. citri*, al igual que la abundancia de brotes, sin embargo este factor biótico (número de brotes) no presentó ninguna relación con la abundancia de las formas inmaduras. La temperatura mínima y la precipitación no presentaron una relación significativa (>0.05) con la abundancia de *D. citri*, tanto en su fase adulta como en sus fases inmaduras. Las tres técnicas de muestreo resultaron ser eficientes, con una media de 3.5 adultos por árbol por semana en las trampas amarillas, 3.5 en el aspirador manual y 2.6 en el golpeteo. Sin embargo, la más eficiente y eficaz, tomando en consideración el tiempo y esfuerzo dedicado y el costo de la misma, es la de las trampas amarillas.

SUMMARY

The citrus industry in Panama ranks as the ninth most outstanding production of citrus in Central America, presenting earnings of more than 100 thousand producers yielding up to \$887 million per year. Panama has been threatened by the introduction of one of the most important citrus pest worldwide, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). The introduction of the Asian citrus psyllid is critical because of its ability as a vector to transmit the bacterial pathogen *Candidatus Liberibacter* sp., causing Huanglongbing (HLB) disease. In Panama, HLB has not yet been identified, however, it is necessary to obtain information on the population dynamics of the vector and thus detect infective populations by implementing a monitoring system. The aim of this research was to determine the most appropriate sampling technique to define the population dynamics of the vector and the impact of abiotic and biotic factors on the vector. The project was carried out by weekly sampling during the period February 2013 to February 2014, in the estate of Jardines Urbanos, Rio Grande, Penonome, Panama. Adult capture was performed using three sampling techniques: hand aspirator, beating and yellow traps, while the eggs and nymphs were collected from vegetative shoots. The results show that the highest incidence of adults was presented during the months of May and October, coinciding with the months of greater sprouting, not being the case of immature stages where their greatest abundance was presented in July. The maximum temperature had a low correlation (<0.05) regarding to the abundance of *D. citri*, as well as the abundance of shoots, however this biotic factor (number of shoots) was not related to the abundance of immature forms. The minimum temperature and precipitation did not show a significant relationship (> 0.05) with the abundance of *D. citri*, both in adult and immature stages. The three sampling techniques for adults proved to be efficient, with an average of 3.5 adult per tree per week in yellow traps, 3.5 in the hand aspirator and 2.6 in beating. However, the most effective and efficient, taking into consideration the time, effort and the cost was yellow traps.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la citricultura en Panamá representa un potencial de desarrollo, no solo por las condiciones del suelo y el clima, sino por lo que puede llegar a representar las ventas en el mercado internacional. Desde México hasta Centroamérica y a lo largo de República Dominicana, la actividad citrícola abarca 703,249 hectáreas, generando un aproximado de 1,300 millones de dólares anuales. En Panamá se cuenta con 2,000 citricultores cuyas áreas cultivadas representan 14,000 hectáreas aproximadamente (MIDA, 2014).

Sin embargo, la producción de cítricos de Panamá también se encuentra afectada por la presencia de la plaga cuarentenaria *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae), desde su aparición en el 2004 (Ramos, 2008). Esta plaga causa daño directo a la planta al alimentarse de la savia de las hojas y los brotes en crecimiento (Alemán *et al.*, 2007), pero su principal daño lo constituye al ser un vector eficiente de la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.*, causante de la enfermedad Huanglongbing (HLB) (Bové, 2006).

En la actualidad esta enfermedad es una de las más devastadoras presente en los cítricos, al alterar el crecimiento de la planta lo que conlleva a una disminución de la calidad del fruto y un descenso en la producción. Hasta el presente El Salvador es el único país que forma parte del OIRSA (Organización Internacional Regional de Sanidad

Agropecuaria) libre del HLB (Ramos 2008), en Panamá la enfermedad fue reportada de forma oficial en febrero del presente año (comunicación oral).

En ausencia del patógeno *D. citri* asiático es considerado como plaga de menor impacto, sin embargo cuando se presentan altas poblaciones del vector puede llegar a reducir el vigor del árbol (Monzó *et al.*, 2015). Aun así es de vital importancia impedir la propagación y el desarrollo del HLB, la cual es dependiente de la densidad y movimiento de *D. citri* entre árboles infectados y no infectados. Por ello evitar la dispersión y controlar las poblaciones de este vector es uno de los principales enfoques.

El impacto que representaría no evitar afectaciones severas en los cultivos afectados por la enfermedad Huanglongbing, constituirían millones de dólares en pérdidas, además de la alza de desempleos que eso implicaría. Como ha sido el caso de Taiwán que desde la década del 50 ha ocasionado cuantiosas pérdidas en el sector (Chen, 1998); en Florida, donde desde el 2005-2011 se ha generado 4.554 millones de dólares en pérdidas y 8000 puestos de trabajo (Hodges y Spreen, 2012).

Este estudio se realizó con la finalidad de proporcionar información sobre la dinámica poblacional de *Diaphorina citri*, para crear estrategias de predicción confiables y así iniciar una medida represiva que le permita al productor controlar las poblaciones de la plaga. La investigación pretende responder la siguiente pregunta “¿Existe algún método que permita determinar con precisión la población de *Diaphorina citri* tomando en consideración que las mismas se ven afectadas por factores bióticos de la planta y por

factores físicos del medio ambiente?”. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar cómo varía la densidad poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en un cultivo de limón persa en Río Grande, Penonomé, 2) Determinar si existe alguna relación entre la densidad poblacional de *Diaphorina citri* con los factores abióticos y presencia de brotes vegetativos 3) Comparar la eficiencia y eficacia de los métodos de muestreo utilizados. Como objetivo complementario se pretende determinar el porcentaje y la distribución espacial de parasitismo por *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922), en los estadios ninfales 4-5 de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae).

II: REVISIÓN DE LA BIBLIÓGRAFÍA

2.1. Generalidades del vector

2.1.1. Taxonomía de *Diaphorina citri* Kuwayama

Orden: Hemiptera; **Suborden:** Sternorrhyncha; **Superfamilia:** Psylloidea; **Familia:** Liviidae; **Subfamilia:** Euphyllurinae; **Tribu:** Diaphorini; **Género:** *Diaphorina*; **Especie:** *Diaphorina citri*; **Sinonimia:** *Euphalerus citri*.

En 1879 el género *Diaphora* fue cambiado a *Diaphorina* debido a que fue previamente ocupado dentro del orden Lepidoptera, siendo solo una especie referida para dicho género, *Diaphora*, representada por varios especímenes colectados en Grecia e Italia.

Para el año 1960, Boseli examina los estadios ninfales de *Diaphorina* sugiriendo la posible semejanza con algunos géneros de la familia Aphalaridae. Tomando en cuenta las características de las ninfas, White (1980) reubica la subfamilia Diaphorininae, dentro de la familia Aphalaridae, antes Psyllidae (García, 2013). En la actualidad el género *Diaphorina* se reclasifica dentro de la superfamilia Psylloidea, familia Liviidae, subfamilia Euphyllurinae (Burckhardt y Ouvrard, 2012).

En vista de su reclasificación dentro de la familia Liviidae, para evitar confusiones con respecto a su nombre vernacular “psílido asiático”, derivado de su origen en Asia y su antigua clasificación dentro de la familia Psyllidae, en el presente documento se le designara con su nombre científico.

Las características que distinguen al género de *Diaphorina* de otros grupos, especialmente de *Euphalerus* cuya apariencia de los conos genales son similares, son las siguientes: antenas muy cortas, tan largas con respecto a la anchura cabeza o menos, moderadamente gruesas. Conos genales (proyecciones frontales bajo cada ojo) igual o más largo que ancho, gruesos, prorecto se extiende hacia adelante en un mismo plano con el vértice o cerca. Tórax moderadamente estrecho y delgado, moderadamente, arqueado superficie dorsal más o menos granulada (gekornelt); metabasitarso con dos espinas (raramente una), metatibia con una corona incompleta de espuelas apicales espaciadas de manera uniforme. Alas anteriores largas, más amplias cerca del extremo apical, redondeadas en el ápice, estrechas en la mitad basal; membrana más o menos hialina y gruesa, por lo general maculado extensamente con marrón; pterostigma largo y muy estrecho; sector radial bastante largo y flexionada cerca del vértice; el radio igual o más largo que la vena basal; cúbito más largo que el radio; segunda celda marginal más grande que la primera. Aedeagus con tres segmentos (Husain y Nath, 1926).

2.1.2. Descripción de las características morfológicas

Adulto. Presentan dimorfismo sexual, las hembras son de mayor tamaño, aproximadamente 3.1 mm de longitud, mientras que los machos miden 2.5 mm aproximadamente (Étienne *et al.*, 2001; Fernández y Miranda, 2005; Hall, 2008). Cuando emergen son de color blanquecino tornándose marrón a medida que maduran (Fonseca *et al.*, 2007).

Presentan antenas engrosadas con una seta gruesa y larga en su extremo distal; su aparato bucal con la abertura anal en forma de media luna; las alas anteriores con manchas marrones bordeando la vena R (Burckhardt, 2007) y las posteriores transparentes-membranosas (Fernández y Miranda, 2005).

El abdomen puede presentar diversas coloraciones atribuidas a factores abióticos, planta de la cual se alimenta, periodo de sequía, fotoperiodo, entre otros (Hodkinson, 2009; Bomfim *et al.*, 2011), de las cuales se han presentado tres variantes: naranja-amarillento, cuando alcanzan la madurez sexual y reproductiva; azul-verdoso relacionada con la producción de feromona sexual para la atracción de las hembras durante el cortejo (Wenninger y Hall, 2008).

Quinto instar. Mide aproximadamente de 1.60 mm de longitud y 1.02 de ancho. Coloración anaranjado amarillento. Segmentación más evidente que en la ninfa del cuarto instar. Presenta tres setas lanceoladas en cada antena (Husain y Nath, 1927). Tercas alares bien desarrollados; el ángulo humeral mesotorácico extendido hacia adelante alcanzando

el nivel de los ojos compuestos, mientras que la región posterior se extiende hasta al cuarto segmento abdominal (Tsai y Liu, 2000). Patas bien desarrolladas, con 4 segmentos cada una y el trocánter no diferenciado; en todas las patas, el tarso sin articulaciones se separa de la tibia por una articulación distinta; tarsos con una sola seta. Margen del abdomen con 45-65 pares de setas.

Cuarto instar. Tiene una medida de 1.01 mm de longitud y 0.70 de ancho. Coloración amarillo pálido a amarillo-anaranjado claro. Antena 0.1 mm de longitud, segmentada, pero con la segmentación proximal más clara que la porción distal; cada una con dos setas lanceoladas y tres sensorias (Husain y Nath, 1927). Tórax con dos pares de escleritos dorsales; esbozos alares mesotorácicos extendidos y los metatorácicos extendidos a lo largo del tercer segmento abdominal (Tsai y Liu, 2000). Tarsos no separados de la tibia. Margen del abdomen con 35-55 pares de setas.

Tercer instar. Tiene una medida de 0.74 mm de longitud y 0.43 de ancho. Coloración ligeramente más anaranjada. Antena 0.08mm de longitud, con 4 segmentos, los dos segmentos basales muy distintos; posee una seta lanceolada en cada antena y dos sensoria (Husain y Nath, 1927). Pterotecas bien desarrollados; el borde anterior de los tecas alares mesotorácicos apenas llega a los ojos. Las patas presentan mayor tamaño, sin embargo la forma y estructura es similar al de las ninfas del segundo instar. Margen del abdomen con 20-35 pares de setas

Segundo instar. Tiene una medida de 0.45 mm de longitud y 0.25 de ancho. La coloración y la forma general es el mismo como se describe anteriormente. Antena 0.06 mm de longitud, segmentos difíciles de distinguir, ausencia de seta lanceolada y presencia de un sólo un sensorio. Pterotecas visibles en el dorso pero rudimentarias, semejando pequeños procesos triangulares que sobresalen del cuerpo, el crecimiento cefálico del ángulo humeral notable. Patas similares al primer instar, pero el tarso esta fusionado con la tibia. Margen del abdomen con 10-15 pares de setas.

Primer instar. El primer instar mide aproximadamente 0.30 mm de longitud y 0.17 mm de ancho con el cuerpo de color rosa claro y un par de ojos compuestos rojos (Tsai y Liu, 2000). Antenas 0.03 mm de longitud, segmentación no definida, ausencia de seta lanceolada y con una placa dorsal sensorial marcadamente definida (presencia de un solo sensorio). Las tecas alares aún no están formados, pero los escleritos quitinosos, que en los demás estadios representan las tecas alares, son bastante largos. Patas cortas; presencia de setas tarsales con forma de palos de golf, una en cada una de las patas anteriores y dos en cada una de las patas medias y las posteriores.

El arreglo de los escleritos abdominales difiere de los demás ninfas. Presenta 6 pares de tergitos y el apical probablemente está formado por dos pares. Otra peculiaridad es que la superficie dorsal de la dermis presenta setas. Margen del abdomen con 8-12 pares de setas; además de las setas lanceoladas que rodean el abdomen, hay una seta a cada lado del tórax. El ano se encuentra más cerca del ápice del abdomen que en los demás ninfas.

Huevo. Son elongados, anchos en el extremo basal, estrechándose en el extremo distal y terminando en punta roma. Presencia de un pedúnculo en su extremo basal para anclarse al tejido vegetal. El tamaño del huevo sin el pedúnculo es de aproximadamente 0.31 mm de longitud y 0.14 de ancho (Tsai y Liu, 2000); la longitud del pedúnculo es de 0.038. La coloración del huevo recién puesto es amarillo pálido el cual se va tornando gradualmente de color amarillo-anaranjado cerca de la emergencia. Poco antes de la eclosión, se distinguen dos puntos rojos, los cuales representan los ojos de la ninfa. La cáscara del huevo es lisa y brillante.

2.1.3. Ciclo de vida y factores limitantes para su desarrollo

Poco tiempo después de la emergencia, de uno a tres días, los adultos empiezan a copular (González y Solano, 2009) sobre brotes en crecimiento y predominantemente durante la fotofase. Debido a que los segmentos genitales del macho se encuentran dirigidos hacia arriba, el mismo tiene que aproximarse a la hembra desde el lateral y doblar el extremo distal de su abdomen hasta el nivel de la abertura de los genitales femeninos; de tal modo el macho sostiene a la hembra con las patas en un lado y se sostiene con las otras patas en el lado contrario (Wenninger y Hall, 2007).

Uno a dos días después del apareamiento, en condiciones favorables caracterizadas por la presencia de brotes en las plantas, comienza la ovoposición (Wenninger y Hall, 2007). El período de oviposición es de 17 a 60 días y las hembras permanecen fértiles de 11 a 16 días en ausencia de machos adultos (González y Solano, 2009). Una hembra puede colocar entre 600 – 800 huevos durante toda su vida y son

distribuidos en hileras sobre la superficie superior o inferior de las hojas y el tallo tierno (García, 2009).

También se encuentran esparcidos en ramas frescas, usualmente en los dobleces de las hojas tiernas (sobre y entre las hojas desplegadas), axilas de las hojas, entre las yemas y el tallo o peciolo de las hojas y yemas axilares (Mead, 1977; Grafton-Cardwell *et al.*, 2006). Las hembras no ovipositan en las hojas o tallos maduros, incluso en ausencia de brotes tiernos (Tsai y Liu, 2000).

El número promedio de huevecillos ovipositados por hembra aumenta con el incremento de la temperatura, llegando a un máximo de fecundidad a 28°C, pero llegando a disminuir cuando la temperatura aumenta de 28°C a 33°C (Liu y Tsai, 2000).

El tiempo de desarrollo varía con la temperatura: lo que indica que la etapa del desarrollo embrional a 28°C y 15°C transcurre en promedio de 4 a 6 días y 10 días respectivamente (Liu y Tsai, 2000; García, 2009). La ninfa del primer instar tarda aproximadamente 20 minutos en salir del cascarón a través de una hendidura en el extremo estrecho del huevo. La cáscara de huevo se encoge y adquiere la forma de una estructura similar al de una escama, permaneciendo adherida al tejido (Alemán *et al.*, 2007).

La duración del ciclo total, de huevo a adulto, oscila aproximadamente entre 14,1 días a 28 ° C a 49,3 días a 15 °C (Liu y Tsai, 2000, Fung y Chen, 2006) Los adultos alcanzan la madurez reproductiva a los de 2-3 días de la emergencia (Wenninger y Hall, 2007) El rango de temperatura óptima para el desarrollo de *D. citri* es de 25-28 °C y el tiempo de desarrollo de una generación a 25 ° C es de 20 a 22 días (Liu y Tsai, 2000, Fung y Chen, 2006) Temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 33°C no permiten el desarrollo completo de las ninfas (Liu y Tsai, 2000)

Las hembras tienen una longevidad promedio de 31 a 32 días a 24°C, mientras que los machos viven de 21 a 25 días (Nava *et al* , 2007) Al disminuir la temperatura hay un aumento en la longevidad de los adultos, de 51 días a 30°C y de 117 días a 15°C (Liu y Tsai, 2000) y en China Yang *et al* (2006) reportaron que los adultos invernantes (en especial las hembras) pueden llegar a vivir entre 8 y 9 meses Las hembras vírgenes pueden vivir aproximadamente 188 días (en promedio 90 días) a 27°C en una planta hospedera favorable (Richardson y Hall, 2012)

El número de generaciones es de 9-10 generaciones en un año (Halbert y Manjunath, 2004), sin embargo se han presentado variaciones acorde a su ubicación geográfica China de 9-16 generaciones, India 9-16 generaciones, Taiwan y Florida de 9-10 generaciones (Aurambout *et al* , 2009) y en México de 10 – 12 generaciones (Díaz-Zorrilla, 2010)

2.1.4. Origen y distribución

Se le atribuye el origen de *Diaphorina citri* al sur de Asia, probablemente en la India asociado a una especie de planta *Murraya* sp., y fue descrito por primera vez en Taiwán en 1907 (Martínez, 2010) de recolectas realizadas en árboles de cítricos en Schinchiku (Halbert y Manjunath, 2004). Tiene una amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales de Asia.

Estudios filogeográficos y genéticos sugieren que la introducción de las poblaciones de *D. citri* en América, se dieron por dos acontecimientos separados, uno en América del Norte y otro en América del Sur (De León *et al.*, 2011). Boykin *et al.* (2012) detalla un reporte más amplio en donde identifican dos distribuciones geográficas de *D. citri*: la del Viejo Mundo, se data una posible separación geográfica entre los grupos presentes en el suroeste y sureste de Asia, sin embargo se requiere de muestreo más intenso para proporcionar una caracterización más certera de esta relación y la del Nuevo Mundo, originada en el hemisferio norte de poblaciones provenientes del suroeste y en el hemisferio sur tanto de los grupos provenientes del suroeste como los del sureste.

En la actualidad este insecto considerado una plaga de interés cuarentenario se desarrolla en varios países de Asia (Afganistán, Arabia Saudita, Bangladesh, Burma, Bután, Camboya, Ceilán, China, Filipinas, Hong Kong, India, Indonesia, Irán, Israel, Japón, Laos, Macaco, Malasia, Maldives, Myanmar, Nepal, Omán, Pakistán, Singapur, Sri Lanka, Siria, Tailandia, Taiwán, Timor Oriental, Vietnam y Yemen) (Gandarilla, 2012; Salchi *et al.*, 2012; EPPO, 2016); África (Mauritius, Réunion) (Gandarilla, 2012;

EPPO, 2016), Tanzania (Shimwela *et al.*, 2016); Oceanía (Guam, Islas Marianas del Norte, Papua Nueva Guinea, Samos Americana) (EPPO, 2016).

En América el primer reporte de la presencia de *D. citri* fue en Brasil en los años 40 en los estados de Sao Paulo y Paraná. No fue sino para el año 1984 que se detectó en Argentina, en 1991 Uruguay, en 1998 en Florida (Estados Unidos) y al año siguiente en Venezuela. A lo largo del 2001 fue encontrada en Cuba, República Dominicana, Puerto Rico y Texas (EEUU). En el 2004 fue reportado en ciertas regiones de Panamá (Ramos, 2008). Durante el 2008 fue detectada en Paraguay, y en ese mismo año se informó la presencia del insecto en otros estados de EEUU (Alabama, Louisiana, Texas, Georgia, Mississippi, Carolina del Sur), en 2009 apareció en California y en Arizona y en el 2010 en las Islas Vírgenes (COSAVE, 2013).

Otros países donde ha sido reportado son Colombia (da Graca, 1991), Bahamas, El Salvador, Islas Guadalupe (Étienne *et al.*, 1998), Belice, Bolivia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Uruguay (Garza, 2014), Hawaii, Islas Caimán, Jamaica, México, (French *et al.*, 2001) Nicaragua, Granada y Haití (Halbert and Nuñez, 2004), Barbados, Dominica (EPPO, 2016).

2.1.5. Biología y ecología

Son insectos de hábitos diurnos, la cópula, la puesta y otras actividades se realizan durante el día (Wenninger y Hall, 2007). Las ninfas se encuentran formando colonias, con un número variable de individuos desde unos pocos hasta cientos, en los brotes jóvenes cerca del lugar donde eclosionaron y permanecen ahí durante varios días alimentándose del tejido.

Excretan una sustancia azucarada, cubierta de una secreción cerosa de las glándulas circumanal, que favorece el crecimiento de hongos causantes de la fumagina la cual afecta o interfiere en el proceso de la fotosíntesis de las plantas (Tsai *et al.*, 2002; Halbert y Manjunath, 2004) y propicia las interacciones con hormigas que se alimentan de la mielecilla (Fonseca *et al.*, 2007) y en agradecimiento los defienden contra sus enemigos naturales (Alcántar, 2009).

Por lo regular no se mueven mucho, pero cuando existe una sobrepoblación, cuando las plantas hospederas están brotando o cuando se les perturba, migran lentamente a un ritmo constante hacia la parte inferior del tallo (Asplanato *et al.*, 2011).

Los adultos son débiles voladores, por lo que su dispersión a largas distancias es mediante el viento o por el hombre (Knapp *et al.*, 2006). Dependiendo de la velocidad del viento y la duración del vuelo pueden ser desplazados entre 0.5 – 1 km de distancia. Lewis-Rosenblum (2011) mediante la técnica de inmuno marcaje determinó que la distancia de dispersión del *D. citri* fue de 2 km en un periodo de 12 días. Por otro lado, la

planta puede presentar huevos o ninfas que pasan desapercibidos y de esta forma se dispersa la plaga desde áreas infestadas a nuevas zonas (Halbert *et al.*, 2010).

Por lo general, se encuentran en reposo en la porción terminal de los brotes, ramas o en el envés de las hojas, adoptando una posición característica con la cabeza pegada al sustrato y la punta del abdomen hacia arriba formando un ángulo de 45° aproximadamente. Cuando son molestados migran una corta distancia y se posan en otro follaje (Asplanato, 2011).

El encuentro de sexos para la cópula se realiza en parte usando sonidos de vibración en el sustrato (Wenninger *et al.*, 2008 A). Hay algunas evidencias que indican que las hembras emiten una feromona, la cual no está aún identificada (Wenninger *et al.*, 2008 B). Tanto machos como hembras copulan varias veces (Wenninger y Hall, 2008 C).

2.1.6. Daños e importancia

Los daños causados por este insecto se clasifican en directos, viéndose reflejado en la calidad de las hojas y brotes nuevos al alimentarse de la planta e indirectos cuando transmite la bacteria causante de la enfermedad denominada Huanglongbing (Chien y Chu, 1996).

A través del daño directo el insecto durante su alimentación extrae grandes cantidades de savia en las hojas y peciolo, con el consiguiente debilitamiento de las plantas y produce abundante miel de rocío que cubre la superficie de la hoja y sirve de sustrato para el crecimiento de hongos saprofitos productores de fumagina, lo cual interfiere en el proceso de fotosíntesis. Simultáneamente inyectan toxinas a la planta lo que trae como consecuencia la deformación de las hojas e interrumpen el crecimiento de los brotes (Michaud, 2004). Puede ocasionar la muerte de la yema apical afectando de esta manera el normal desarrollo de las plantas.

Estos daños en altas infestaciones alcanzan mayor impacto, en especial en plantas de vivero o recién implantadas (Aubert, 1987, Chen, 1998, Michaud, 2004, Grafton-Cardwell *et al*, 2006). En cambio el nivel de tolerancia de los árboles adultos es mayor debido a que la pérdida de hojas y brotes representa un porcentaje mínimo del follaje total (Lozano *et al* 2012, Macías *et al* 2013).

El daño indirecto es considerado el de mayor interés debido a la capacidad del vector de transmitir la bacteria denominada *Candidatus Liberibacter sp*, causante de la enfermedad Huanglongbing, conocida también como Greening o enverdecimiento de los cítricos (Grafton *et al*, 2006). Solo las ninfas de cuarto y quinto instar y los adultos adquieren la bacteria después de haberse alimentado de una planta infectada y son capaces de transmitirla con una eficiencia de 1% durante toda su vida (Chiou-Nan, 1998). También se transmite por medio de yemas infectadas (García, 2006).

2.2. Generalidades de la enfermedad “Huanglongbing”

2.2.1. Descripción de la enfermedad

El “Huanglongbing”, que en chino significa enfermedad de los brotes amarillos (Pacheco *et al.*, 2012), es una de las enfermedades más peligrosas que afecta a los cítricos, evitando y deteniendo la producción en plantas jóvenes y adultas, respectivamente, lo que conlleva no solo a la disminución de la calidad de la fruta, sino también a la muerte de la planta (Pérez, 2009; Hodges y Spreen, 2011).

Aunque el nombre oficial de esta enfermedad (acuerdo realizado en Congreso de la Organización Internacional de Virólogos de Cítricos que se llevó a cabo en China en 1995 (Moreno *et al.*, 1996), causada por la bacteria con pared celular, habitante del floema, gram negativa, *Candidatus Liberibacter* spp. (Ramos, 2008), es “huanglongbing”, en diferentes países la han designado con diferentes nombres basados en sus síntomas: “blotchy mottle”, “branco disease”, “chlorosis”, “citrus greening”, “dieback”, “enverdecimiento de los cítricos”, “leaf mottle”, “likubin”, “vein phloem degeneration”, “yellow branch”, “yellow dragon disease”, “yellow shoot disease”, (Tapia y Esquivel, 2009).

Esquivel *et al.* (2010) y Flores *et al.* (2010) encontraron que los síntomas de la enfermedad se presentan con menor severidad en cítricos dulces como mandarina y naranja dulce que en los cítricos agrios como limón mexicano, limón persa y limón volkameriano.

Esta enfermedad representa un riesgo para la producción nacional de cítricos que se vería reflejado en una cadena de consecuencias que van desde la disminución en los productos derivados de los cítricos, pérdidas económicas en los ingresos por exportación y no podemos olvidar toda la fuerza laboral que también se vería afectada, lo que implicaría de forma generalizada menos ingresos para el país y más desempleos (Salcedo *et al.*, 2010)

2.2.2 Antecedentes

A inicios del siglo XVIII la enfermedad Huanglongbing fue reportada por primera vez en las provincias centrales de la India como una severa enfermedad a la cual denominaron “Muerte regresiva”. A finales del Siglo XIX, en Assam, India se reportó una enfermedad similar y en 1912 era considerada un serio problema en la provincia de Bombay (Capoor, 1963). En 1919 en el sur de China, Reinking (1919) describe un amarillamiento y moteado foliar.

Desde finales del siglo XIX los agricultores afirmaron tener conocimiento de lo que ellos denominaban “Huanglongbing”, que erróneamente se tradujo al inglés como “yellow dragon disease” (“enfermedad del dragón amarillo”), pero Zhao en su revisión en 1981 da el nombre en inglés de “yellow shoot disease” (“enfermedad de los retoños amarillos”) (Zhao, 1981) y en el 2006 confirmó que ese es el correcto significado en el distrito de Chaoshan de la provincia de Guangdong, donde fue observado por primera la enfermedad (Zhao, 2006).

Husain y Nath (1927) describieron una decadencia y muerte de los cítricos en Punjab que atribuyeron a daños realizados por *D. citri* al alimentarse de las plantas, pero tomando en cuenta su descripción de "fruta insípida", puede tomarse en consideración como el primer reporte de ataques de *D. citri* asociados con la HLB.

Para la década de 1920, en algunos países de Asia fueron reportadas nuevas enfermedades de cítricos, todas con síntomas similares al HLB. En 1921, la enfermedad fue reportada en Filipina y la conocían como la enfermedad de la hoja moteada (Lee, 1921); en 1929, al noroeste de Sudáfrica y lo llamaron "yellow branch", mientras que al noreste lo denominaron "greening" (enverdecimiento) debido al escaso desarrollo de la coloración del fruto (Van der Merwe y Andersen, 1937; Oberholzer *et al.*, 1965); en 1930, "likubin" en Taiwan (Otake, 1990); en 1940, degeneración del floema en Indonesia (Aubert, 1992).

Esta enfermedad para el año 1935 se convirtió en un grave problema para China (Lin, 1963), mientras que en Filipinas a partir del año 1957 empezó a tener mayor importancia (Martínez y Wallace, 1967), presentándose una disminución de la citricultura de 11,700 toneladas a 100 toneladas entre los años 1960 – 1970 y para 1971 ya había causado la muerte de un millón de árboles en una sola provincia.

Paralelo a este acontecimiento, en 1960, el HLB causó pérdidas catastróficas en la India (Fraser *et al.*, 1966) y 3 millones de plantas fueron destruidas durante los años 1960 a 1970 en Indonesia (Tirtawidjaja, 1980). En Guandong, China, la producción disminuyó de 450 mil a 5 mil toneladas durante el periodo comprendido entre 1977 y 1981 al erradicarse 960 mil plantas de mandarinas y limones por causa del HLB. En la década de 1975 a 1985, desaparecieron todas las plantaciones de mandarinas y naranja dulce de Arabia Saudita.

Durante muchos años, se consideró que la causa de la enfermedad se debía al déficit de minerales, exceso de humedad en suelo o toxicidad, hasta que Lin (1956) demostró la transmisibilidad del patógeno por injerto en 1956 en China y Mclean y Oberholtzer (1965 A) en Sudáfrica años más tarde, así como por el psílido africano, *Trioza erythrae* Del Guercio (Mclean y Oberholtzer, 1965 B).

Posteriormente, en Filipinas e India, se detectó a *Diaphorina citri* Kuwayama como otro vector del virus causante del “huanglongbing” (Tapia y Esquivel, 2009). A través de los años se dispersó en varios países de ambos continentes y se extendió en América por primera vez en Sao Paulo, Brasil en 2004 (Gottwald, 2010), desde entonces ha tenido una gran capacidad de propagación en distintos países americanos.

Si el vector fue detectado por primera vez en el año 1942 en Brasil (Lima, 1942) y no fue sino hasta más de medio siglo después que fue reportado el HLB (Coletta-Filho *et al* , 2004), nos indica la posible introducción de injertos contaminados, así como otras circunstancias todavía no elucidadas que provocaron una repentina expansión (Anónimo, 2009)

2.2 3. Distribución geográfica

En la actualidad los países que se han visto afectados por los daños colaterales causados por la enfermedad del enverdecimiento de los cítricos se encuentran en gran parte en el continente Asiático, seguido del continente Africano y en menor proporción y más reciente en el continente Americano

Asia

Arabia Saudita, Afganistán, Bangladesh, Bután, Birmania (Myanmar), Camboya, China, Filipinas, Hong Kong, India, Indonesia, Irán Japón, Laos, Macao, Malasia, Myanmar, Nepal, Pakistán, Papua Nueva Guinea, Singapur, Sri Lanka, Tailandia, Taiwán, Timor Oriental, Vietnam, Yemen (Halbert y Manjunath, 2004, Ramos, 2008, González y Solano, 2009, OIRSA, 2010, Gandarilla, 2012)

África

Burundi, Camerún, Etiopía, Islas Comores, Kenia, Madagascar, Malawi, Mauricio, Namibia, Nigeria, República Centroafricana, Reunión, Ruanda, Somalia, Sudáfrica, Swazilandia, Tanzania, Zimbabue (Halbert y Manjunath, 2004; Méndez 2008; González y Solano, 2009; OIRSA, 2010).

América

Belice, Brasil, Costa Rica, Cuba, Estados Unidos, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, República Dominicana (Halbert y Manjunath, 2004; Ramos, 2008; González y Solano, 2009; OIRSA, 2010), Panamá.

2.2.4. Agente causal

La bacteria fitopatógena *Candidatus Liberibacter* spp. asociada con la enfermedad Huanglongbing pertenece al phylum Proteobacteria, clase Alphaproteobacteria (Jagoueix *et al.*, 1994; Teixeira *et al.*, 2005; Fletcher y Wayadande, 2002, Mora, 2012), grupo asignado a los microbios patógenos incapaces de cultivar en medios artificiales a partir de plantas afectadas (Murray y Schleifer, 1994; Murray y Stackebrandt, 1995; Fletcher y Wayadande, 2002; Tapia y Esquivel, 2009). La procariota fue observado por primera vez en 1970 por Laflèche y Bové en el floema de las hojas afectadas de naranja dulce (Jagoueix *et al.*, 1994).

En la actualidad existen tres especies en las distintas áreas afectadas por la enfermedad:

1. ***Candidatus Liberibacter asiaticus***: se encuentra en el continente asiático y americano, presente en bajas elevaciones (360 m.s.n.m.), tolerante al calor, produce síntomas más severos tanto en temperaturas frescas como calurosas (30°C - 35 °C) por periodos prolongados (da Graça y Korsten, 2004; Teixeira *et al.*, 2005; Bové, 2006; Pérez, 2009; López *et al.*, 2009).
2. ***Candidatus Liberibacter africanus***: reportada en el continente africano, se encuentra en altas elevaciones (900 m.s.n.m.), sensible al calor, sus síntomas son más apreciables en temperaturas frescas que oscilan entre los 22 °C - 24 °C y en zonas con temperaturas más calientes (27°C a 30°C), los síntomas son menos severos; incluso la ocurrencia de temperaturas calientes por largos periodos podría llegar a inactivarla (no tolera 32°C) (da Graça y Korsten, 2004; Teixeira *et al.* 2005; Bové, 2006; Pérez, 2009; López *et al.*, 2009).
3. ***Candidatus Liberibacter americanus***; registrado únicamente en Brasil, es una variante de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, es intolerante a temperaturas elevadas, capaz de infectar a los cítricos en un rango de 24 a 30 °C, pero no a temperaturas superiores (Da Graça y Korsten, 2004; Teixeira *et al.* 2005; Bové, 2006; Pérez, 2009; López *et al.*, 2009).

2.2.5. Modo de transmisión y diseminación

Una de las formas de transmisión del patógeno es mediante insectos vectores: *Trioza erytreae*, vector de *Candidatus Liberibacter africanus* y *Diaphorina citri*, vector de *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Candidatus Liberibacter americanus* (Pérez, 2009); sin embargo, ambas especies pueden ser portadores de cualquiera de las bacterias (Gottwald, 2010).

Durante el proceso de alimentación de 5-7 horas los adultos y las ninfas de cuarto y quinto instar adquieren la bacteria de una planta infectada (inoculación), la cual cruza la pared intestinal y se multiplica en la hemolinfa y en las glándulas salivales de *D. citri* (Orozco, 1995; Halbert y Manjunath, 2004; Gottwald, 2010); una vez adquirido el patógeno *D. citri* es capaz de transmitirlo durante toda la vida (Chen, 1998).

Cuando, cuando la bacteria es adquirida en el estado de ninfas, aumenta la eficiencia de transmisión de los adultos que cuando la adquiere en su estado adulto (Chen, 1998; Ebert *et al.*, 2008; Inoue *et al.*, 2009). También la adquisición de la bacteria y eficiencia en la transmisión puede ser variable dependiendo de las condiciones ambientales. (Chen, 1988; Ebert *et al.*, 2008).

El periodo de incubación (desde la inoculación hasta la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad) varía desde algunos meses hasta uno o más años; las plantas jóvenes expresan síntomas entre 6 y 12 meses después de ser infectadas y en los árboles

mayores de 10 años se han observado periodos de incubación mayores y puede variar entre algunos meses hasta incluso años (Gottwald, 2010; Pacheco *et al.*, 2012).

Una vez la bacteria se encuentra en la planta esta se distribuye de manera irregular a lo largo del sistema vascular (Brlansky y Rogers, 2007), provocando una disfunción metabólica al impedir la distribución de nutrientes transportados por el floema, volviéndolos improductivos y causando finalmente su muerte (Halbert and Manjunath, 2004; Bové 2006; Gottwald *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2008).

Otra de las posibles vías por el cual se puede transmitir la bacteria es mediante material vegetal contaminado o injertos, cuya va a depender de la parte de la planta que se emplee, la cantidad de tejido y el aislamiento del patógeno. Se posee poca información sobre la transmisión por semillas, la mayoría de los frutos caen prematuramente al suelo y las que no tienen una alta proporción de semillas pequeñas, semi desarrolladas y atrofiadas, reduciendo las probabilidades de diseminar el patógeno de esta forma (Pérez, 2009; Gandarilla, 2012; de los Santos-Morales, 2013).

Por otro lado, en teoría, el sistema vascular de la planta al no estar conectado con el sistema vascular de la semilla, sería imposible que la bacteria pasara vía intracelular al embrión (Tapia y Esquivel, 2009). Asplanato y Buenahora (2009) establecieron que no existe evidencia de transmisión transovárica, ni mecánica, es decir, mediante el uso de herramientas como tijeras, cuchilla, machete y similares.

2.2.6. Sintomatología

La variabilidad de la sintomatología está relacionada con las variedades y la edad de las plantas, ya que en los síntomas en árboles adultos son menos marcados que en los jóvenes, especie del patógeno (INISAV, 1999), condiciones climáticas, momento y estado de la infección (Gómez, 2010).

Los primeros indicios de la enfermedad se observan en algunas hojas al presentar el síntoma característico conocido como “moteado asimétrico” o blotchy “mottle”, el cual consiste en manchas irregulares verdes-claras o amarillas mezcladas con un verde normal, sin una clara división entre sí (McClellan y Schwarz, 1970; Tapia y Esquivel, 2009; Bové, 2006; Ramos, 2008; Suárez, 2008; Tapia y Esquivel, 2009; Pérez, 2009; Gandarilla, 2012).

Cabe destacar que pueden presentarse variaciones que van acorde con el contraste entre el verde de la especie cítrica y las áreas cloróticas: a) moteado sectorial, caracterizado por el alto contraste de los límites entre las zonas verdes y cloróticas de la hoja, b) moteado difuso, a diferencia del anterior, debido a la poca presencia de clorofila en las áreas verdes presenta un mínimo contraste entre las zonas, c) Islas verdes, pequeñas zonas verdes aisladas en la lámina foliar con tejido clorótico (Cortéz *et al.*, 2010).

A medida que va avanzando la enfermedad y se disemina por todo el árbol, las hojas se tornan amarillentas, las ramas empiezan a defoliarse, se observa un engrosamiento y aclaración de las nervaduras (nervaduras amarillas), hojas pequeñas y rectas (McClellan y Schwarz, 1970; Bové, 2006; Ramos, 2008; Suárez, 2008; Tapia y Esquivel, 2009; Pérez, 2009; Gandarilla, 2012).

El desarrollo del sistema radicular se ve afectado, se observa lesiones necróticas en el floema (Gandarilla, 2012), acumulación de almidón en tejidos epidérmico fundamental y vascular (floema), con la consecuente obstrucción y degeneración del floema (Etxeberria *et al.*, 2009; Achor *et al.*, 2010; Folimonova y Achor, 2010; Esquivel *et al.*, 2011).

La deficiencia de algunos de los nutrientes en la planta, como azufre, boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, nitrógeno, potasio, zinc, pueden llegar a enmascarar la enfermedad; sin embargo, los síntomas del HLB al presentarse de forma asimétrica en ambos márgenes de la hoja, contrastan con la simetría característica de la falta de nutrientes (Bové, 2006; Ramos, 2008; Tapia y Esquivel, 2009; Pacheco, *et al.*, 2012).

Los frutos de las plantas afectadas presentan caída prematura y los que permanecen en el árbol son deformes, reducidos en tamaño, con manchas verdes claras inversión de su coloración en el sentido de la maduración, es decir, el color más oscuro prevalece en la parte terminal; internamente se observa una desviación de la columela, los haces vasculares en la columela se toman amarillo-anaranjados, semillas abortadas y de

coloración oscura e irregular, albedo de mayor espesor y coloración anaranjado o marrón oscuro en la zona de inserción del pedúnculo. Además, presentan baja proporción de jugo, elevada acidez y bajo contenido de azúcar (Bové, 2006; Bassanezi *et al.*, 2008; Ramos, 2008; Pérez, 2009; Gandarilla, 2012; de los Santos Morales, 2013).

2.3. Medidas de control de *Diaphorina citri* Kuwayama

El control de *D. citri* se ha convertido en una tarea laboriosa debido a su corto ciclo de vida y a la cantidad de generaciones que puede presentar al año, además de los factores bióticos y abióticos que así como pueden ser determinantes en su mortalidad, también los pueden llegar a beneficiar. No obstante, bajo una periódica supervisión y estudios constantes se han utilizado herramientas que minimizan las poblaciones de este vector, se hace referencia al control químico y control biológico; además de otras actividades que han implementado los países con mayor producción de cítricos y que se han visto amenazados, entre las cuales se puede mencionar la eliminación oportuna de árboles infectados por el patógeno, el uso de plantas sanas certificadas provenientes de viveros protegidos (Cortez *et al.*, 2010).

2.3.1. Control Químico

El control químico del vector ha sido utilizado con diversos insecticidas sistémicos y/o de contacto, los cuales han sido analizados antes de realizar las aplicaciones por los grupos técnicos de los diferentes países y regiones, tomando en consideración el patrón regional de cultivos-plagas, estudios de análisis de uso de

insecticidas, grupo toxicológico, efectividad biológica, estudios de resistencia, respuesta diferencial a los organismos benéficos, entre otros (Carrillo, 2012)

Entre los ingredientes activos mayormente utilizados encontramos thiametoxam, imidacloprid, formetanato, metidathion, fosmet, fenpropatrin, clorpirifos, betaciflutrina, metamidofos, dimetoato, y abamectina (De La Cruz, 2014)

Ha sido muy utilizado por los agricultores debido a sus resultados que presenta en el momento. A pesar de la eficacia del uso de plaguicidas, estos aumentan el coste de la producción al ser insostenibles económicamente, además de ser un riesgo para la salud humana, animal y contaminar el ambiente. No obstante, al provocar efectos colaterales al eliminar conjuntamente enemigos naturales, pueden llegar a abrir una ventana para la aparición de nuevas plagas y/o el posible resurgimiento de otras (Cortéz *et al* , 2013). Su uso indiscriminado puede provocar la resistencia de la plaga, por lo que las aplicaciones deben ir acorde al calendario del cultivo y cuando aparezca la plaga (Pérez, 2013)

Los factores ambientales, principalmente la temperatura, llegan a ser un factor determinante en la eficacia y la toxicidad de los insecticidas (Scott, 1995). Por otro lado existen otros factores, como el método de aplicación, el modo de acción del insecticida, la cantidad de insecticida que entra en contacto y que es ingerido por el insecto y el intervalo de temperatura probado, que influyen en la relación temperatura-toxicidad dando resultados positivos, negativos o mixtos (Sparks *et al* , 1982, Toth y Sparks, 1990)

Si se hace uso de insecticidas sistémicos, hay que tomar en consideración que una vez aplicado y según la edad de la planta su tiempo de translocación en la planta puede durar de 1-3 semanas y se recomienda utilizarlo en plantas jóvenes y cuando hay periodos húmedos; los insecticidas de contacto por su parte se recomiendan utilizarlo en plantas en producción y en periodos de sequía (García, 2009).

Una alternativa al uso de insecticidas se encuentran los aceites minerales, los cuales tienen la ventaja de causar poco daño a insectos benéficos y se desconoce que generen resistencia en artrópodos al no ser selectivos y ser de baja actividad residual (Rae *et al.*, 1997; Childers y Rogers, 2005), sin embargo, su control puede llegar a ser limitado (Hernández-Fuentes *et al.*, 2012).

2.3.2. Control Biológico

Dentro de este contexto, el control biológico se ha utilizado como una alternativa de menor impacto al ambiente y económica, en comparación con el control químico. Para lo cual se requiere de información previa sobre los organismos que pueden llegar a regular sus poblaciones, entre los cuales se encuentran una amplia gama de depredadores, parasitoides y ciertos hongos entomopatógenos (Hall, 2008).

2.3.2.1. Depredadores

Los enemigos naturales de *Diaphorina citri* incluyen una gama de depredadores que se han utilizado en programas de control biológico debido a su alto nivel de capacidad de búsqueda, su grado de adaptación a la densidad de presa y factores ambientales (Ríos *et al.*, 2015), los cuales varían dependiendo de la posición geográfica donde se encuentre y según la especie del cítrico.

Las especies generalistas que se han reportado incluyen a escarabajos (Coleoptera: Coccinellidae), como *Arawana* sp., *Azya orbiger*a (Lozano y Jasso, 2012), *Chilocorus cacti* Linnaeus (Rodríguez *et al.*, 2012), *Coccinella septempunctata* Wesmael (Michaud, 2004; Yang *et al.*, 2006), *Curinus coeruleus* Mulsant, *Cycloneda sanguinea* L. (Lozano y Argumedo, 2012; Rodríguez *et al.*, 2012), *Delphastus* sp. (Lozano y Argumedo, 2012), *Exochomus cubensis* Dimn (González *et al.*, 2003), *Harmonia axyridis* Pallas (Michaud 2001, 2002, 2004; Michaud y Olsen, 2004), *Nephus* sp. Mulsant (Rodríguez *et al.*, 2012), *Olla v-nigrum* Mulsant (Michaud 2001, 2002, 2004; Michaud y Olsen, 2004; Rodríguez *et al.*, 2012), *Pentilia* sp. Mulsant (Rodríguez *et al.*, 2012), *Scymnus distinctus* Casey (González *et al.*, 2003), *Zagloba* sp. (Lozano y Jasso, 2012).

Crisopas (Neuroptera: Chrysopidae), como *Ceraeochrysa claveri*, *Ceraeochrysa valida* (Cortez *et al.*, 2011; Lozano y Jasso, 2012), *Ceraeochrysa everes*, *Ceraeochrysa cubana*, *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (Lozano y Jasso, 2012), *Chrysoperla carnea*, *Chrysoperla comanche* y *Chrysoperla rufilabris* (Cortez *et al.*, 2011).

Sírfidos (Diptera: Syrphidae), como *Allograpta obliqua* (Michaud, 2002), *Ocyptamus* sp. (González *et al.*, 2003); chiches (Hemiptera: Reduviidae) como, *Zelus longipes* L. (Hall, 2008), *Z. renardii* (Sánchez-González y Arredondo-Bernal, 2009). También se han reportado arañas (Araneae) como *Hibana velox* Becker (Michaud, 2004).

2.3.2.2. Parasitismo por *Tamarixia radiata*

2.3.2.2.1. Descripción

Tamarixia radiata (Eulophidae: Hymenoptera) es un ectoparasitoide idiobionte de *Diaphorina citri*, descrita por primera vez por Waterson (1922) en Lyallpur, India (actualmente Faisalabad Pakistán) como *Tetrastichus radiatus*. Para 1924 fue separado del género *Tetrastichus* y ubicado dentro del género *Tamarixia* por Mercet (Chen y Stansly, 2014).

El interés por *T. radiata* para el control biológico de *D. citri* ha crecido en respuesta a la continua propagación de este vector y la enfermedad “Huanglongbing” y a sus capacidades de búsqueda y colonización como parasitoide. La liberación masiva es vista como una estrategia potencial para aumentar el manejo de *D. citri* por una amplia área en particular cuando no se utilizan ampliamente pesticidas.

2.3.2.2.2. Características morfológicas del adulto

Los adultos son pequeñas avispas de aproximadamente 1 mm de longitud que a pesar de su dimorfismo sexual presentan características similares en ambos sexos: cabeza y el cuerpo negruzco; la cabeza es más ancha que larga; ojos dicópticos rojizos; disposición de los ocelos en ángulos obtusos; alas hialinas, cortas, con venación rudimentaria; las alas anteriores con la vena marginal larga y angosta con 5 pequeñas setas y más corta que la celda costal, dislocación de la vena submarginal a la altura del paraestigma y provista de tres setas, vena postmarginal ausente; propodeo con una carina media en forma de “Y” invertida; escutelo con dos surcos submedios, junto con dos pares de setas y dos surcos sublaterales; presencia de dos setas adnotalares, subigual en longitud con respecto al lóbulo medio del mesoescudo, ubicadas en la parte anterior y posterior del mismo; patas casi blanquecinas, coxas y mesosoma de color negruzco, fémur posterior con un oscurecimiento dorsal, borde apical de las tibias con tres espinas gruesas y cortas, basitarso anterior provisto de tres setas alineadas, ubicadas en la parte interna; terguitos del gáster (porción posterior del bulbo metasoma) con una mancha blanquecina basal (Tang y Aubert 1990; Schauff *et al.* 1997, Khan *et al.* 2005; Chen y Stansly, 2014).

Las hembras se distinguen de los machos por poseer las antenas con ocho segmentos; funículo y clava con tres segmentos cada una, cubiertos de finas y cortas setas; funículo delgado, con el primer segmento más largo que el segundo, el segundo más largo que el tercero y el tercero subigual en longitud y ancho (Tang y Aubert 1990; Peña, 2012); clava más ancha que los segmentos del funículo (Waterson, 1922); posee

mayor número de sensila placoideas, que le proveen mayor sensibilidad a la hora de detectar las señales volátiles cuando están en busca de su hospedero (Chen y Stansly, 2014).

La antena del macho es 1.5 más larga (Waterson, 1922) y más delgada, con 9 segmentos; escapo más largo que el pedicelo; órgano sensorial corto, cerca de un tercio de la base del escapo; funículo (4 segmentos) y primer segmento de la clava cubierto por una fila de setas largas, ligeramente curvas (Tang y Aubert 1990; Peña, 2012); anchura de la clava es aproximadamente la misma que la de los segmentos del funículos (Waterson, 1922); los órganos sensoriales se encuentran debajo del borde ventral del escapo (Peña, 2012); posee mayor número de sensila tricoideas, cuya función podría estar relacionada con la percepción de señales volátiles al momento del apareamiento (Chen y Stansly, 2014).

2.3.2.2.3. Ciclo de vida

La hembra inyecta una sustancia que paraliza a su hospedero y deposita un huevo (ocasionalmente dos) translúcido, marfil y reniforme, debajo de la parte ventral de las ninfas de tercero, cuarto o quinto estadio, entre la cabeza y el abdomen, generalmente cercano a la coxa media o posterior (Tang y Huang, 1991; Hall, 2008). A los dos días aproximadamente cuando el huevo eclosiona da lugar a sus cuatro estadios larvales que tienen una duración de 4 días y se distinguen por el ancho de su cápsula cefálica: 0.06 mm, 0.09 mm, 0.14 mm, 0.22 mm (primer-cuarto estadio, respectivamente) (Chien *et al.*

1991) y se alimentan externamente de los fluidos corporales de su hospedero, ricos en proteína (Husain y Nath 1923; Tang y Huang, 1991).

La larva del tercer estadio se arrastra desde la región ventral hasta el tórax de su hospedero, para alimentarse (Chien *et al.*, 1991). La ninfa parasitada se mantiene viva y sigue secretando la mielecilla por un tiempo (Husain y Nath, 1923). Todo el contenido de la ninfa es consumida y la misma se va tornando de un color marrón oscuro; la larva madura cesa de alimentarse a medida que avanza a la etapa prepupal (Chien *et al.*, 1991) y adhiere a su hospedero a la superficie de la planta por medio de hilos de seda que bordean el cuerpo, dejándola en un estado momificado; esto asegura que la caparazón no se desprenda de la hoja y la exponga a depredadores y a las condiciones climáticas inclementes (Hoddle, 2012).

Pasado un día, después de la expulsión del meconio se muda al estadio de pupa, tornándose amarillenta, con ommatidias y ocelli de color rojo (Chien *et al.*, 1991). A los cinco días, tan pronto las estructuras del adulto se esclerotizan, este emerge de la ninfa momificada a través de un agujero de 0.5 mm de diámetro, aproximadamente, que realiza mordisqueando la superficie del tórax (Husain y Nath 1923; Aubert 1987; Chien *et al.*, 1991). El macho emerge 1,5 h antes de la hembra en promedio (Chen y Stansly, 2014).

El ciclo de huevo hasta que emerge el adulto tiene una duración de 12 días a 25°C- 30°C Las hembras pueden producir entre 300 -800 huevos durante toda su vida (Figueroa *et al* , 2012)

2.3 2.2.4 Bioecología

Los adultos son fuertemente atraídos por las brillantes luces fluorescentes (Skelley y Hoy, 2004) y las hembras se basan fundamentalmente en señales olfativas para la ubicación de sus hospederos (Mann, 2011) Solo parasitan las ninfas de tercero, cuarto o quinto estadio, con preferencia de este último, llegan a parasitar de 15 a 30 ninfas por día Se alimentan de la mielecilla excretada por las ninfas de *D citri* (Hoy *et al* , 2006), las hembras también se alimentan de la hemolinfa, perforando a las ninfas haciendo uso de su ovipositor (Skelley y Hoy 2004)

Además de controlar las poblaciones de los estadios inmaduros de *Diaphorina citri* por parasitismo, las hembras se alimentan de las ninfas de primer y segundo estadio (Chien, 1995, Skelley y Hoy, 2004), cuando esto ocurre la hembra utiliza su ovipositor para perforar y mutilar a la ninfa, causando el desprendimiento de la hemolinfa de la cual se alimenta (Hoddle, 2012) La hembra es sinovigenica, utiliza la hemolinfa como fuente importante de proteína para la producción y maduración de huevos (Jervis *et al* , 2001)

Tamarixia radiata posee una reproducción arrenotoquia, lo que significa que los huevos no fertilizados dan lugar a machos, mientras que los huevos fertilizados dan lugar a hembras (Chu y Chien, 1991). Alrededor del 93% de las hembras se aparearon una vez y sólo una vez durante los primeros días de la emergencia; el 7% restante se aparean dos veces durante los 2 primeros días siguientes a la emergencia (Chen y Stansly, 2014). Los huevos pueden ser depositados inmediatamente después de la emergencia por hembras apareadas o no apareadas. Los machos pueden aparearse múltiples veces durante su vida (Chien *et al.*, 1991).

Las hembras son capaces de eliminar un aproximado de 500 individuos por una combinación de depredación y parasitismo; tienen la capacidad de distinguir a un hospedero parasitado de otro no parasitado, para evitar el superparasitismo (Chien *et al.*, 1991). No obstante, si la densidad de ninfas de *D. citri* es baja se puede presentar la condición de superparasitismo (Husain y Nath, 1923).

Las hembras son capaces de reabsorber los huevos para subsanar la baja de las poblaciones de *Diaphorina citri* cuando son escasas o ausentes (Chien *et al.*, 1994), de esta manera se mantienen en sincronía con la población de sus hospederos y mantienen sus recursos reproductivos (Jervis *et al.*, 2001).

La proporción de hembras y machos es de 1:3. Las hembras tienen una longevidad de 23 días, a diferencia de los machos que viven hasta 12 días (Figueroa *et al.*, 2012). Sin embargo, la temperatura juega un papel importante en la longevidad y reproducción de estas avispas, temperaturas menores que 22°C y superiores a 30°C reducen el tiempo que dura su desarrollo y a su vez disminuyen su longevidad (Quilici y Fauvergue, 1990).

2.4. Generalidades de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka)

Citrus latifolia Tanaka, pertenece a la familia Rutaceae, subfamilia Aurantioideae, tribu Citreae, subtribu Citrinae (Cañizares, 2000, Vanegas, 2002) y es conocido vernacularmente como limón persa, lima de Tahití, limón pérsico (Vanegas, 2002, Malo *et al.*, 2013). Es considerado un híbrido entre la variedad de lima mexicana (*Citrus aurantifolia*) y otra variedad, debido a que el fruto carece de semillas y las flores de óvulos viables o granos de polen (Beltrán, 2012, Vanegas, 2002).

El árbol de limón persa es de mediano tamaño, llegando a alcanzar una altura de 6-7 m y un diámetro de 5-6 m, casi sin espinas y con copa redondeada (Vanegas, 2002, Anacafé, 2004, Malo *et al.*, 2013). El tronco es corto y las ramas de crecimiento multidireccional. Las hojas son enteras, unifoliadas, alternas y separadas por entrenudos (Cañizares, 2000), de color verde pálido y en los árboles maduros de color verde oscuro, de 9 - 13 cm de longitud y 1.5 - 5.5 cm de ancho, ápice ligeramente recortado, márgenes crenulados y base redondeada, obtusa, peciolo alado (Vanegas, 2002, Cañizares *et al.*, 2005, Malo *et al.*, 2013).

Las flores están dispuestas en inflorescencias de 1-7 flores provistas de 5 pétalos, de color blanco, de 1.5-2.5 cm de diámetro cuando están expandidas y no poseen polen viable. Su fruto es oval, oblongo, con ápice ligeramente deprimido, coronado por una cicatriz corta en forma de pezón, de 5-7 cm de longitud y de 4-6 cm de diámetro, de color verde; la pulpa es ácida, jugosa, carece de semillas, de color verde-amarillenta (Vanegas, 2002; Malo *et al.*, 2013).

El limón persa produce frutos todo el año, alcanzando una capacidad de 350-400 lbs de frutos anualmente y se desarrolla en climas tropicales y subtropicales, radicando su importancia en la cantidad de productos y subproductos que se logran obtener a partir del proceso de industrialización, presentando oportunidades de mercado tanto a nivel nacional como internacional (Malo *et al.*, 2015).

Por otro lado, como todo ser vivo requiere de condiciones climáticas óptimas para su adecuado desarrollo: rango de temperaturas que oscilan entre los 17 de 28 °C (Hernández, 2013); precipitaciones anuales de 400 – 1200 mm, ya que es de vital importancia para la etapa de fructificación un adecuado suministro de agua; vientos moderados para evitar cualquier acción mecánica que implique la caída de hojas y flores, quebraduras de ramas, daño mecánico de los frutos y mala formación en general del árbol; la luminosidad es imprescindible, permitiendo la función de la fotosíntesis, lo que determina la calidad del fruto al producir brillo y color (los cítricos requieren 1,600 a 2,000 horas de luz solar por año); alta humedad relativa (80 -90%), al disminuir la tasa de consumo de agua y transpiración (Anacafé, 2004); su desarrollo

es apto para cualquier tipo de suelo, pero preferiblemente en suelos profundos, bien drenados, con un pH óptimo de 5.5 a 6.5 (González, 2011)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio



Fig. 1. Localización de Penonomé en la República de Panamá.

El estudio se realizó en la finca de “Jardines Urbanos” (Fig. 2), Río grande, Penonomé (Fig. 1B), en la provincia de Coclé (Fig. 1A). Coclé está ubicado entre los $8^{\circ} 27'21''$ latitud Norte, $80^{\circ} 25'44''$ longitud Oeste y 30 m sobre el nivel del mar. Ocupa una superficie de 4927 km² y limita al norte con la provincia de Colón, al este con la provincia de Panamá Oeste, al sur con la de Herrera y el golfo de Parita y al oeste con la de Veraguas. Está dividido en 6 distritos y en 44 corregimientos. Penonomé posee un clima tropical, la temperatura media anual es de aproximadamente 26.8°C y con precipitaciones anuales de 1861.

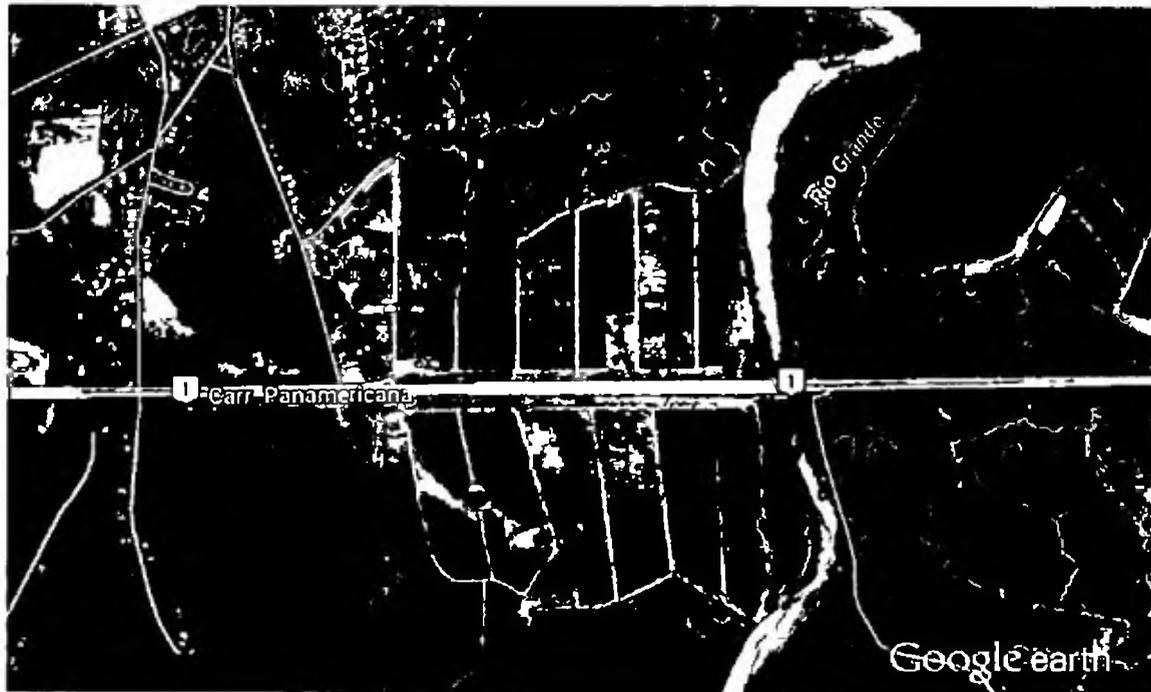


Fig 2 Fotografía espacial de la Finca de Jardines Urbanos, Río Grande, Penonomé

La finca de Jardines Urbanos cuenta con una superficie total de 19 hectáreas. Se encuentra dividida en dos sectores (finca 1 y finca 2) ubicados a cada lado de la carretera interoamericana, cerca del puente que colinda con el río Grande. A partir de julio del 2010 se dio inicio a la siembra de cultivos de limón persa, los cuales fueron distribuidos en 5 parcelas (cuadro 1).

Cuadro 1. Información general de las parcelas de limón persa en la finca de Jardines Urbanos.

Finca	Parcela	Numeración	Tamaño	Árboles
1	1	154	30,400 m ²	628
	2	121	42,000 m ²	859
2	3	243	19,000 m ²	345
	4	251	35,000 m ²	667
	5	263	8,000 m ²	157

3.2. Detección de *Diaphorina citri*

El monitoreo de la plaga *Diaphorina citri* se llevó a cabo semanalmente por un periodo de un año durante febrero del 2013 a febrero del 2014, en un cultivo de *Citrus latifolia* (Rutaceae) presente en la finca Jardines Urbanos, ubicada en Río Grande Penonomé, entre las coordenadas 8° 25' 00" N y 80° 28' 00" O.

Se seleccionaron 5 parcelas (cuadro 2), en cada una se muestreo 11 árboles de la periferia encontrados unos a lado de otros y separados por una distancia de 6 x 8 m² (Fig. 1), debido a que se ha comprobado que las primeras infestaciones y más frecuentes se presentan en los bordes de los campos. Se contabilizó el número total de brotes y se le asignó un método a cada árbol para evaluar la densidad demográfica del *D. citri*.

Los métodos utilizados para el muestreo de los adultos y las formas inmaduras fueron

- 1 Observación visual de ramas haciendo uso de un aspirador manual
- 2 Paragua entomológico o japones (técnica ligeramente modificada)
- 3 Trampas amarillas con pegamento
- 4 Embolsado de ramas

Cada método, previamente descrito, se le asignó 3 arboles a excepción de las trampas amarillas que fueron colocadas en los arboles de cada extremo (Fig 3) Para tener un mayor amplio espectro de colecta en los árboles, se muestreo semanalmente en una sección distinta del árbol Para ello se dividió imaginariamente el árbol en 4 secciones siguiendo la ubicación de los puntos cardinales (norte, sur, este, oeste) como referencia (Fig 4)

Cuadro 2. Coordenadas de los cinco sitios de colecta en la finca de Jardines Urbanos, Penonomé.

SITIO	COORDENADAS	
	Latitud	Longitud
I	08°25'32.01"N	80°30'3.72"O
II	08°25'38.62"N	80°30'8.5"O
III	08°25'45.73"N	80°29'52.75"O
IV	08°25'34.51"N	80°29'49.66"O
V	08°25'30.5"N	80°29'46.44"O

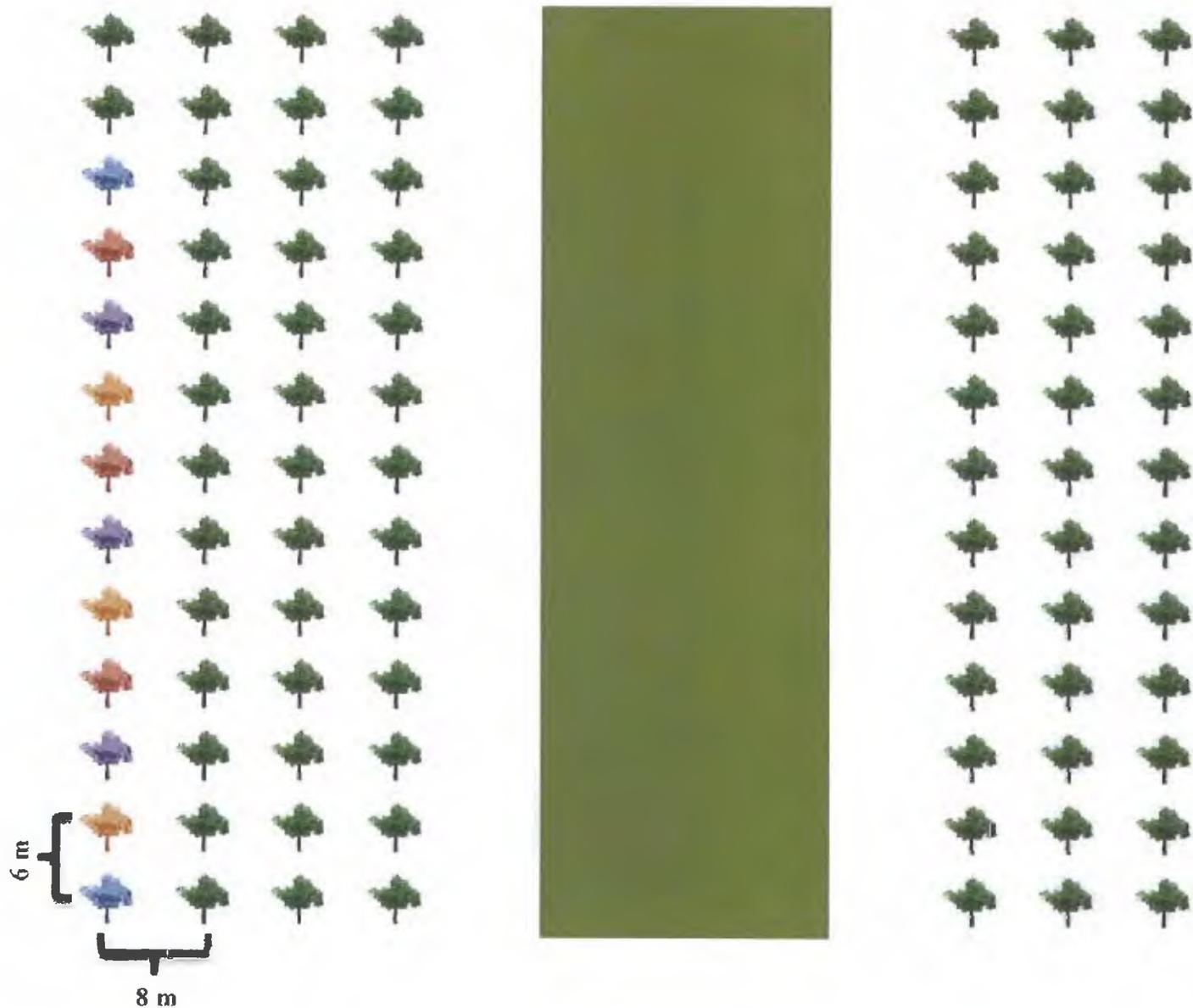


Fig. 3. Distribución de los métodos de muestreo. Se realizó una representación de la ubicación de los árboles en la finca y como se distribuyó las diferentes técnicas. Los árboles de color azul representan las plantas en donde se colocará las trampas amarillas con pegamento; los anaranjados, para el uso del aspirador manual; los morados, para el paraguas entomológico y los rojos, para el embolsado de brotes terminales. El rectángulo de color verde, representa la grama que también se produce en la finca de Jardines Urbanos.

Se elaboró un formulario de trabajo para registrar datos en campo de las siguientes variables: número de brotes totales por árbol, número de adultos de *D. citri* por brote por técnica de muestreo, fenología de la planta y de las actividades que fueron realizadas en la finca (aplicación de plaguicidas, funguicidas, eliminación de una planta).

Los datos climáticos fueron proporcionados por la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), tomados de la Estación Meteorológica de Río Grande (precipitación pluvial) y de Antón (temperatura máxima, temperatura mínima).

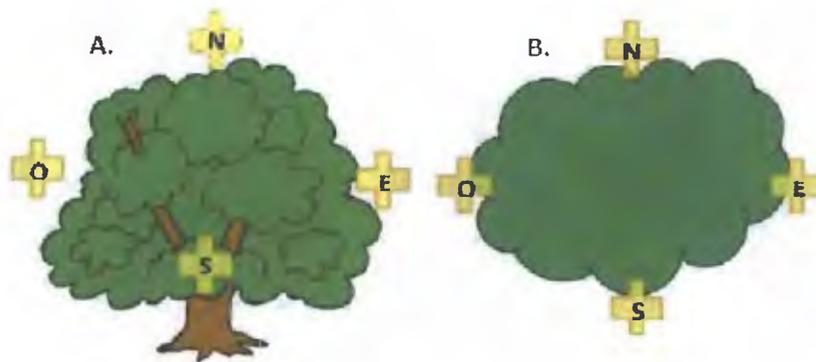


Fig. 4. Área de muestreo por punto cardinal, en plantas de limón persa. A) Vista lateral de sitios de muestreo y B) vista superior.

Para poder “comparar la eficiencia y eficacia de los métodos de muestreo utilizados”, entiéndase por eficacia como la capacidad de lograr el efecto que se espera o se desea, que en este caso sería la captura de adultos de *D. citri*. Por otro lado, la eficiencia hace referencia a la capacidad de adquirir el mejor rendimiento del efecto deseado tomando en cuenta los medios o recursos empleados. Para tal efecto, la eficiencia se midió tomando en cuenta tres factores por cada técnica de muestreo: costo aproximado del equipo, tiempo (aproximado) empleado para la ejecución y el salario diario del técnico.

3.2.1. Muestreo de los adultos de *Diaphorina citri* con el uso de trampas amarillas



Fig. 5. Trampas amarillas en el cultivo de Limón persa (*Citrus latifolia*).

Se instalaron 10 trampas, 2 por cada parcela en árboles previamente seleccionados, a una altura de 1.70 m aproximadamente sobre suelo. Cada trampa consistió de un rectángulo de plástico de color amarillo de 25 x 30 cm., estampado con una cuadrícula negra de 1.0 cm² y con pegamento especial para insectos en ambos lados. Las trampas fueron colocadas entre las ramas de los árboles en la parte media de la copa, sostenida con la ayuda de un hilo pabilo de 20-30 cm de longitud (Fig. 5).

Cuando la trampa era colocada por primera vez, se descubría un lado de la misma quitando el protector (papel de cera), permitiendo exponer el adhesivo de ese lado; a la semana siguiente se contabilizó el número de adultos capturados. Se expuso el adhesivo de la otra cara de la trampa y se utilizó el protector del mismo para cubrir el lado previamente utilizado.

3.2.2. Muestreo de adultos de *Diaphorina citri* por “paragua entomológico o japonés” (modificado)

Es una técnica de cuantificación directa para estimar la población de adultos, especialmente para insectos que tienden a caer antes de volar cuando se les perturba o cuando se encuentran en peligro, como es el caso de *D. citri*. Conocida vernacularmente como “golpeteo”, consiste en un pedazo de tela extendida de forma circular, generalmente de color blanco para hacer evidentes a los especímenes, sujeto a un aro de alambre y el mismo sostenido por un mango de madera de 30 cm aproximadamente.

Para la captura se utilizó una tabla blanca para picar vegetales de 30 cm de diámetro, como superficie análoga a la descrita con anterioridad, donde reposarían los adultos una vez perturbados y un tubo de madera de 40 cm de largo y 1.5 cm de diámetro para realizar las batidas en los brotes terminales nuevos. Se seleccionaron aleatoriamente tres ramas con brotes, ubicadas a una altura aproximada de 1.5 m sobre el suelo, bajo las cuales se colocó la tabla y se realizó tres golpes en sucesión rápida para que se desprendieran los insectos posados sobre la misma. Los individuos desplazados por el golpeteo fueron capturados sobre la tabla y contabilizados inmediatamente.

3.2.3. Muestreo de adultos de *Diaphorina citri* por aspirador manual

Al igual que el paraguá entomológico, esta también es una técnica de cuantificación directa. El aspirador está constituido por un frasco de vidrio y un tapón de corcho ubicado en su extremo superior; el corcho posee dos perforaciones en el centro, una para el tubo para aspirar, al cual se le adiciona una malla delgada en su extremo interior, para evitar que los insectos pasen a la boca una vez estén dentro del recipiente y la otra para el tubo donde los insectos son aspirados.

Para la captura de *D. citri*, en cada uno de los tres árboles (de las 5 parcelas) designados para esta técnica, se seleccionaron al azar tres brotes, alternando semanalmente el muestreo en los cuatro puntos cardinales de los árboles. Sin realizar disturbios, se aspiró con la boca por el tubo que contiene la malla, mientras que con el extremo del otro tubo se absorbieron y contabilizaron los adultos observados. Las

terminales de las ramas monitoreados se encontraban a una altura aproximada de 1.5 m sobre el suelo.

3.2.4. Muestreo de ninfas y huevos de *Diaphorina citri*



Fig. 6. Colecta de brotes vegetativos en cultivos de limón persa (*Citrus latifolia*). A. Árbol de limón persa; B. Conteo de brotes vegetativos en el árbol de limón persa; C. Brote vegetativo de limón persa; D. Bolsa plástica dividida en 4 secciones para colocar cada uno de los brotes colectados.

Se seleccionó aleatoriamente 1 brote por árbol, ubicados aproximadamente a una altura de 1.7 m sobre el suelo y depositadas individualmente en una bolsa plástica debidamente rotulada con los datos de localidad, número de parcela, número de árbol y fecha (Fig. 6). Las muestras fueron transportadas, conservando la cadena de frío, al laboratorio del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, ubicado en el

Campus Central de la Universidad de Panamá, donde se mantuvieron en refrigeración hasta su posterior análisis.

Los brotes fueron analizados utilizando un estereomicroscopio marca Leica, donde se contabilizaron los estadios inmaduros de *Diaphorina citri*, agrupados de la siguiente forma: huevo, ninfas 1 (representadas por las ninfas del estadio 1-3), ninfas 2 (representadas por las ninfas del estadio 4-5).

3.3. Parasitismo por *Tamarixia radiata*

En los mismos árboles donde se realizó el muestreo de las formas inmaduras, se seleccionaron aleatoriamente tres brotes por cada uno de los tres estratos del árbol: copa, parte media y parte inferior o baja. Cada una de las muestras fueron colocadas individualmente en bolsas plásticas debidamente etiquetadas con la información de: localidad, número de parcela, número de árbol, estrato del árbol y fecha.

Las muestras fueron trasladadas, mediante una cadena de frío, al laboratorio del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, donde se mantuvieron en refrigeración hasta su posterior análisis. Cada uno de los brotes fue examinado haciendo uso del estereomicroscopio marca Leica, donde se contabilizaron las ninfas del estadio IV y V parasitadas por *Tamarixia radiata* (Waterson) y se observó en cual fase de desarrollo se encontraba: huevo, larva, pupa o bien si ya había emergido el adulto, lo cual se detectó por la presencia de un orificio circular en tórax de la ninfa.

3.4. Análisis estadístico

Se confeccionó una base de datos en Excel 2010, con la información recolectada en campo, la examinada en el laboratorio y la proporcionada por la estación meteorológica de Penonomé. Una vez compilada la información, se procedió a realizar un análisis de Regresión múltiple (método Backward Stepwise), para determinar si la abundancia de adultos e inmaduros de *D. citri* están relacionados con los brotes terminales y los factores abióticos (temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial) en estudio; se realizó una prueba de Diseño de Bloques al Azar (DBA), para determinar si existen diferencias significativas en los métodos de muestreos utilizados en la detección de adultos, se estimó como bloque las parcelas de árboles de limón persa. Por último, para comparar si existen diferencias en el parasitismo de *D. citri* por *Tamarixia radiata* en los tres estratos del árbol (copa, parte media y parte baja), se realizó una Prueba de Bondad de Ajuste Chi Cuadrado. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa SPSS 20.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo comprendido entre febrero de 2013 hasta febrero de 2014, se recolectó un total de 21741 especímenes de *Diaphorina citri*, de los cuales 8129 eran huevos, 7040 ninfas, 6572 adultos, distribuidos en las 5 parcelas de recolecta establecida (Fig. 7), siendo los sitios I, IV y V los que presentaron mayor abundancia de adultos, recordando que los sitios IV y V se encuentran en un mismo sector.

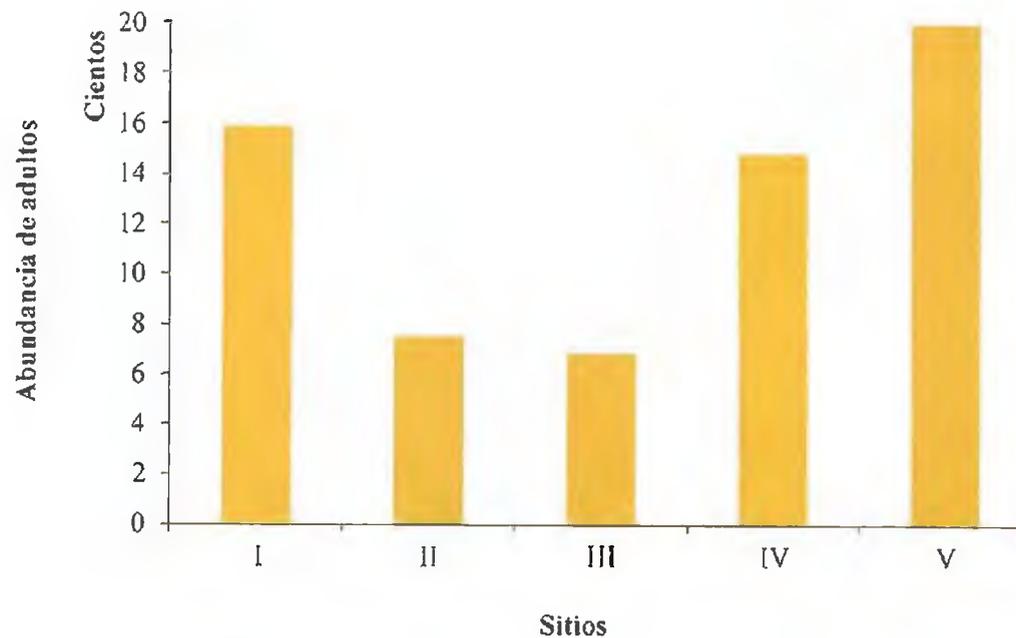


Fig. 7. Abundancia de individuos de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa, distribuidos a lo largo de los cinco parcelas de recolecta en la finca de Jardines Urbanos, Penonomé.

Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri*

La plaga se presentó durante todo el periodo de estudio, sin embargo fue muy variable. El comportamiento poblacional de los adultos difirió de los estadios inmaduros (huevos y ninfas) a lo largo del año, presentándose dos picos de mayor abundancia en los meses de mayo y octubre del 2013, alcanzando su mayor densidad en el mes de mayo; a diferencia de ellos los estadios inmaduros mantuvieron un mismo comportamiento durante el periodo de muestreo, siendo el mes de julio 2013, el mes donde alcanzó su máximo nivel. Las bajas densidades para los adultos e inmaduros se presentaron a partir del mes de septiembre 2013 a febrero de 2014 (Fig. 8).

García *et al.* (2013) reporta similar comportamiento, a diferencia que la de las tres fases del insecto fue similar durante el año y su mayor incidencia se presentó de forma constante en el período de marzo a junio.

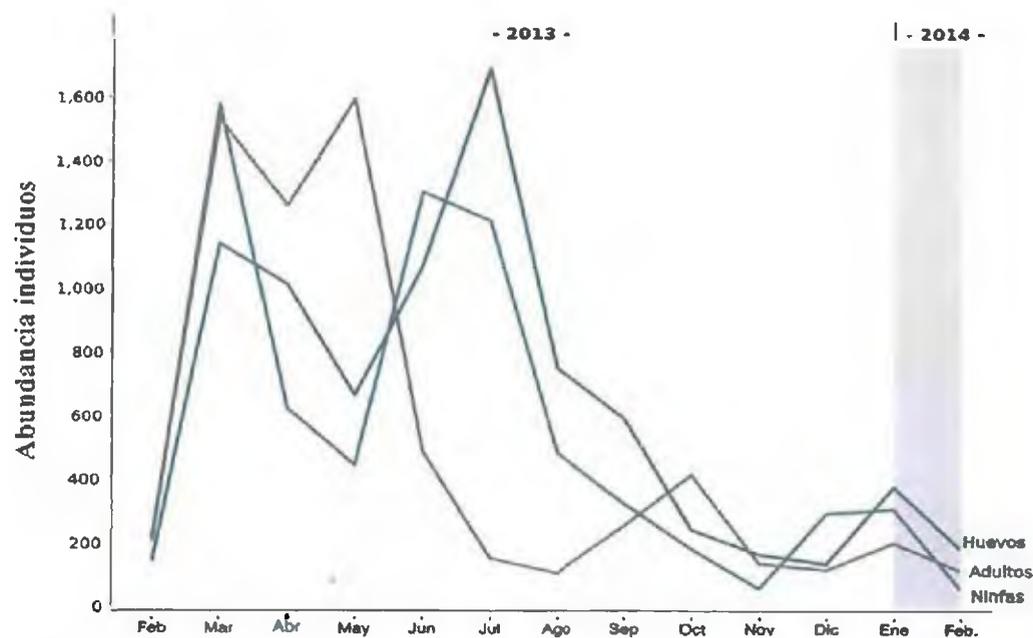


Fig. 8. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa.

Cuando los adultos emergen, se aparean y empiezan su ciclo reproductivo, se da la sobrepoblación de individuos (tanto de adultos como de las formas inmaduras), por lo que se ven obligados a emprender vuelo en busca de sitios donde se puedan desarrollar, ya que las ninfas no pueden desplazarse a otros brotes, de esta manera se evita una competencia intraespecífica. Es por ello que se observa que mientras las poblaciones de adultos son altas, las de sus estadios inmaduros son bajas y viceversa.

Otro de los aspectos que se debe de tomar en consideración en cuanto a la variabilidad de la abundancia de las fases de desarrollo de *D. citri*, es un factor externo que no podía evitarse al tratarse de una finca de producción de limón persa para su venta, y es la aplicación de insecticidas que fueron utilizados a lo largo del año como método de control. Las aplicaciones de los insecticidas se realizaron en los meses de mayo, julio, agosto, octubre y diciembre. Esto nos indica una mejor explicación de las bajas densidades y ausencia del vector en los periodos de muestreo que coincidieron con el uso de los insecticidas.

Factores abióticos y bióticos

Existen diversos factores climáticos que ejercen influencia indirecta o directa sobre la fenología, reproducción y desarrollo de los organismos, dando como resultado el incremento o decrecimiento de sus poblaciones (Quijano-Carranza, 2010).

La temperatura como factor ambiental resulta ser una herramienta útil para la agronomía como medida de control, ya que la misma proporciona información sobre la duración de los ciclos de vida y el número de generaciones que se puedan presentar en el año, variando de un grupo a otro dependiendo de sus límites de tolerancia. Esto se debe a que para poder completar su ciclo el insecto acumula calor (medido en unidad de grados-días) (Marco, 2001), se da un aumento de temperatura, se acelera su tasa de desarrollo y por ende se incrementa el número de generaciones (Mejía, 2005).

Por otro lado, la precipitación resulta ser beneficiosa al propiciar el crecimiento de las plantas, que constituye el alimento de muchos insectos fitófagos, pero a su vez actúa, de forma mecánica, regulando las poblaciones al poder inhibir su vuelo o arrastrar al suelo a las ninfas y huevos (Urias *et al.*, 2007; 2010).

Cabe destacar que para el presente estudio solo se tomó en consideración la temperatura máxima, temperatura mínima en los meses comprendidos entre enero a junio 2013 y septiembre 2013 a febrero 2014, debido a que durante los meses de julio y agosto 2013 los equipos de medición se encontraban en mantenimiento, ahí la explicación de dicha información faltante en el estudio y de los datos obtenidos en las dos estaciones meteorológicas antes mencionadas.

Si estudiamos por separado cada factor climático y su influencia con las distintas fases del *D. citri*, la temperatura máxima presentó una correlación moderada ($r = 0.75$, <0.05) con la abundancia de individuos durante los meses de abril, octubre-noviembre 2013 (Fig. 9 y Fig. 10) al superar temperaturas $\geq 32^\circ\text{C}$ que ocasionan un descenso de la población (Bové 2006).

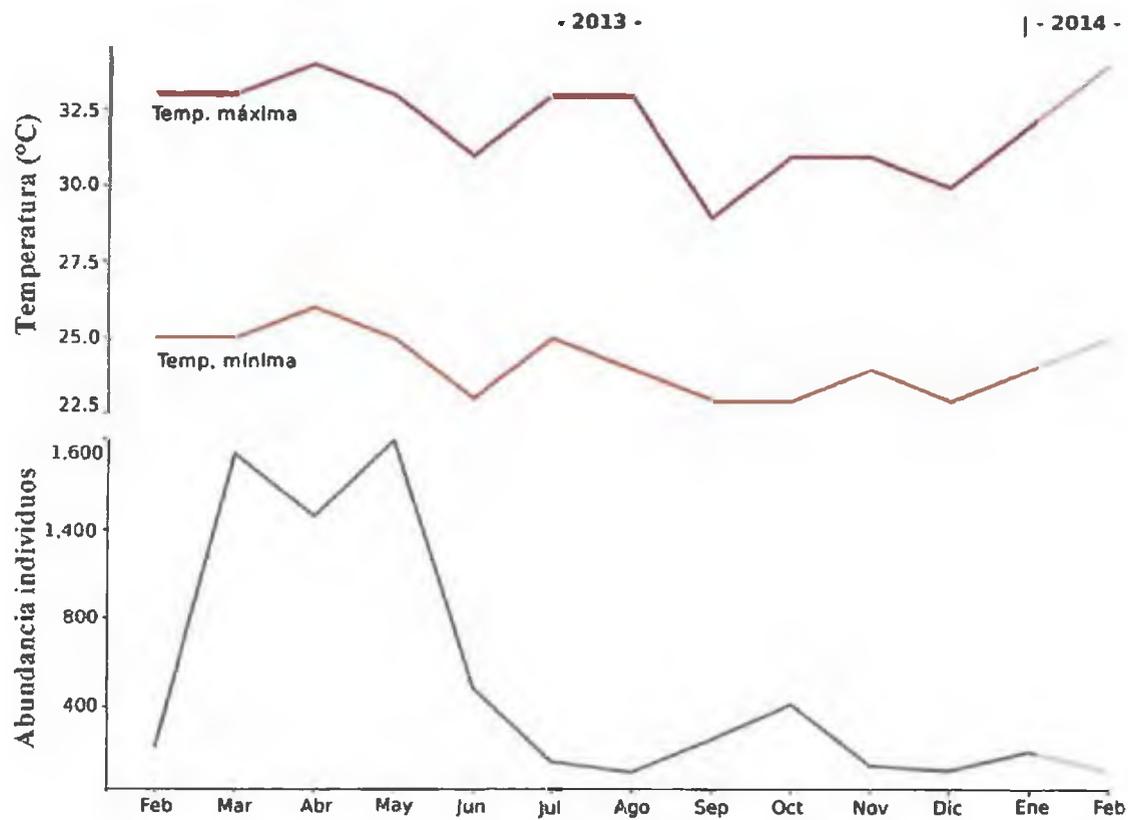


Fig. 9. Efecto de la temperatura sobre la dinámica poblacional de adultos de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa.

Durante los demás meses la temperatura se mantuvo dentro del rango óptimo para el crecimiento y desarrollo de la plaga que oscila entre 25-28° C (Liu y Tsai 2000; Tsai 2002), a excepción de los meses de marzo y mayo en donde los adultos no se vieron muy afectados, ya que toleran temperaturas más altas que sus formas inmaduras que se desarrollan mejor en temperaturas menores a 30°C (Tsai y Liu, 2000; Nava *et al.*, 2010); a su vez la temperatura mínima no tuvo ningún efecto negativo en el desarrollo del *D. citri*.

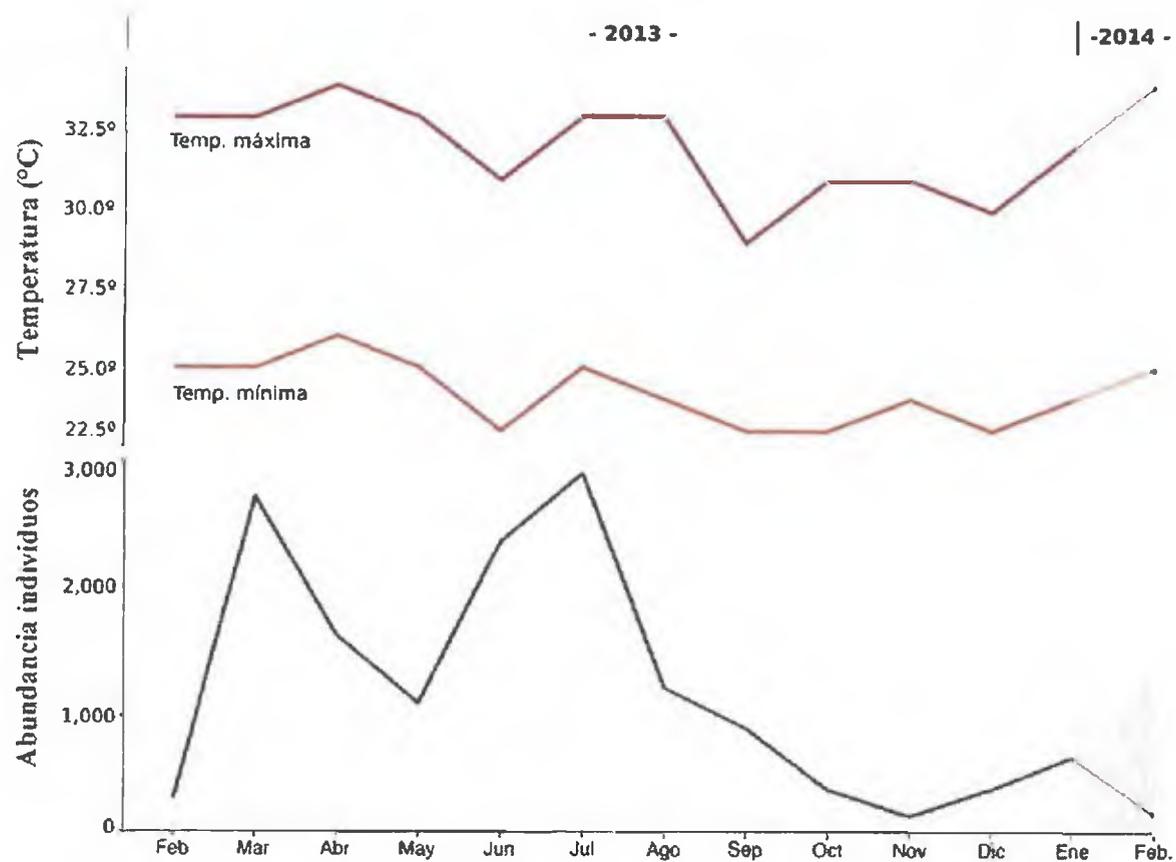


Fig. 10. Efecto de la temperatura sobre la dinámica poblacional de inmaduros de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa.

La precipitación pluvial, por su parte, no presentó una correlación significativa con la población de *D.citri* (>0.05). Por otro lado, podemos observar que durante la época seca se presentó una mayor abundancia de adultos de *D. citri* y a medida que se acercaban los meses de lluvia, la densidad poblacional fue en descenso (Fig. 11). La población de las fases inmaduros, por su parte no se vio tan afectada en los primeros meses de la época lluviosa, sino a partir del mes de septiembre a diciembre (Fig. 12).

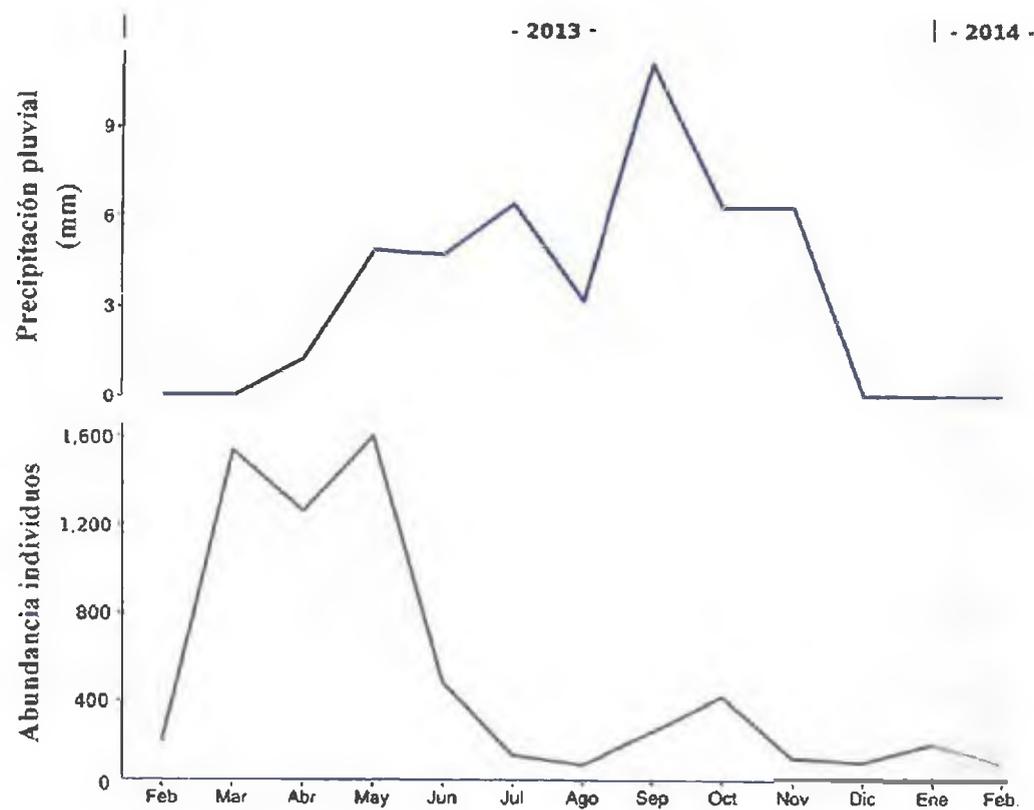


Fig. 11. Efecto de la precipitación sobre la dinámica poblacional de adultos de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa.

Discrepando de lo establecido, estudios previos realizados por Regmi y Lama, 1988; Yamamoto *et al.*, 2001, determinaron que los adultos no se vieron afectados por las precipitaciones debido a que su facilidad de desplazamiento le da la ventaja de poder esconderse en el envés de las hojas y la población de ninfas y huevos se redujo notablemente, por efecto de lavado, al estar expuestos (Aubert, 1987; Yang *et al.*, 2006; Moreno-Pérez *et al.*, 2008).

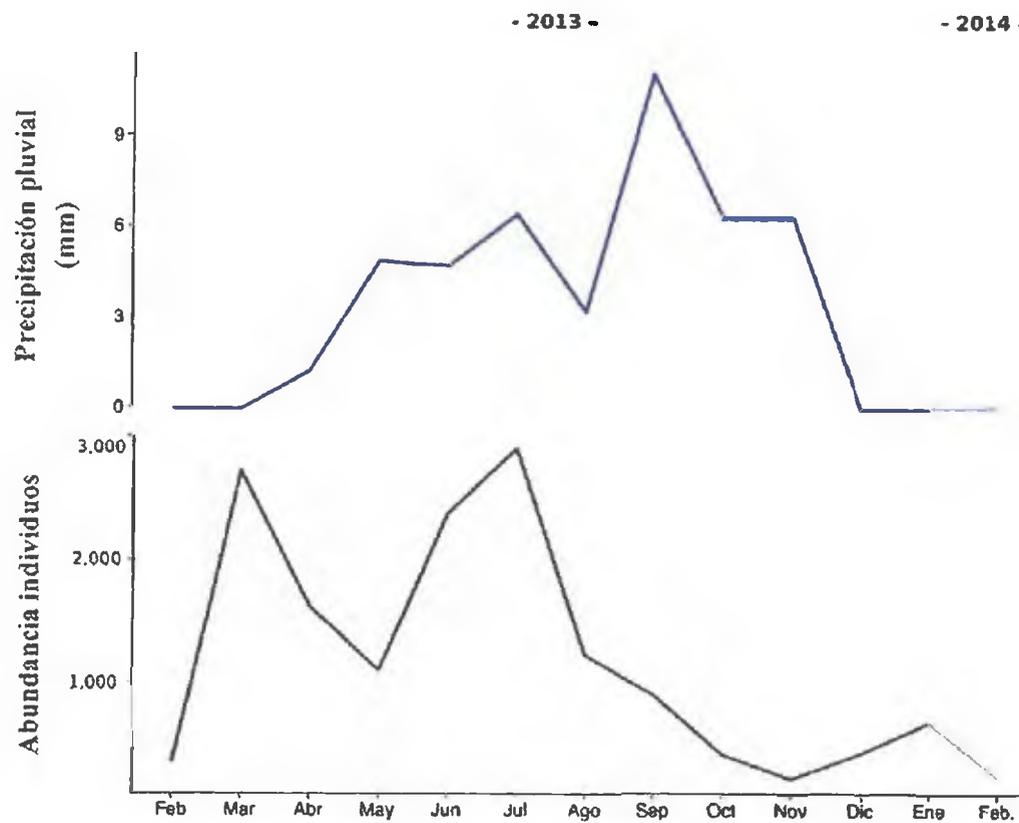


Fig. 12. Efecto de la precipitación sobre la dinámica poblacional de inmaduros de *Diaphorina citri* en cultivos de limón persa.

Por otra parte, hay que tomar en consideración dos aspectos, la finca estaba suministrada por un sistema de riego y a partir del año 2013 la precipitación empezó a verse afectada por el Fenómeno del Niño. En Panamá la época lluviosa se presenta de mayo a diciembre (con una variante de 2-3 semanas) y los picos de mayor incidencia de lluvia se presentan entre los meses de septiembre y octubre.

A lo largo del periodo de muestro los árboles de *Citrus latifolia*, al ser plantas jóvenes (menor a 5 años) emitieron brotes constantemente, dándose las principales emisiones de brotes vegetativos en los meses de marzo-mayo, agosto y octubre 2013 (Fig. 13), el resto de los demás meses presentaron (45%). Según Yang *et al.*, 2006; Chiaradia *et al.*, 2008; Ortega *et al.*, 2013, las mayores abundancias de brotes se dan en primavera (febrero-marzo) y verano (mayo-julio) y con menor intensidad en otoño (octubre-noviembre). Sin embargo, también todo se dará acorde a la región, a las condiciones ambientales, planta hospedera, forma de plantación (Monselise, 1985 y Albrigo, 2009).

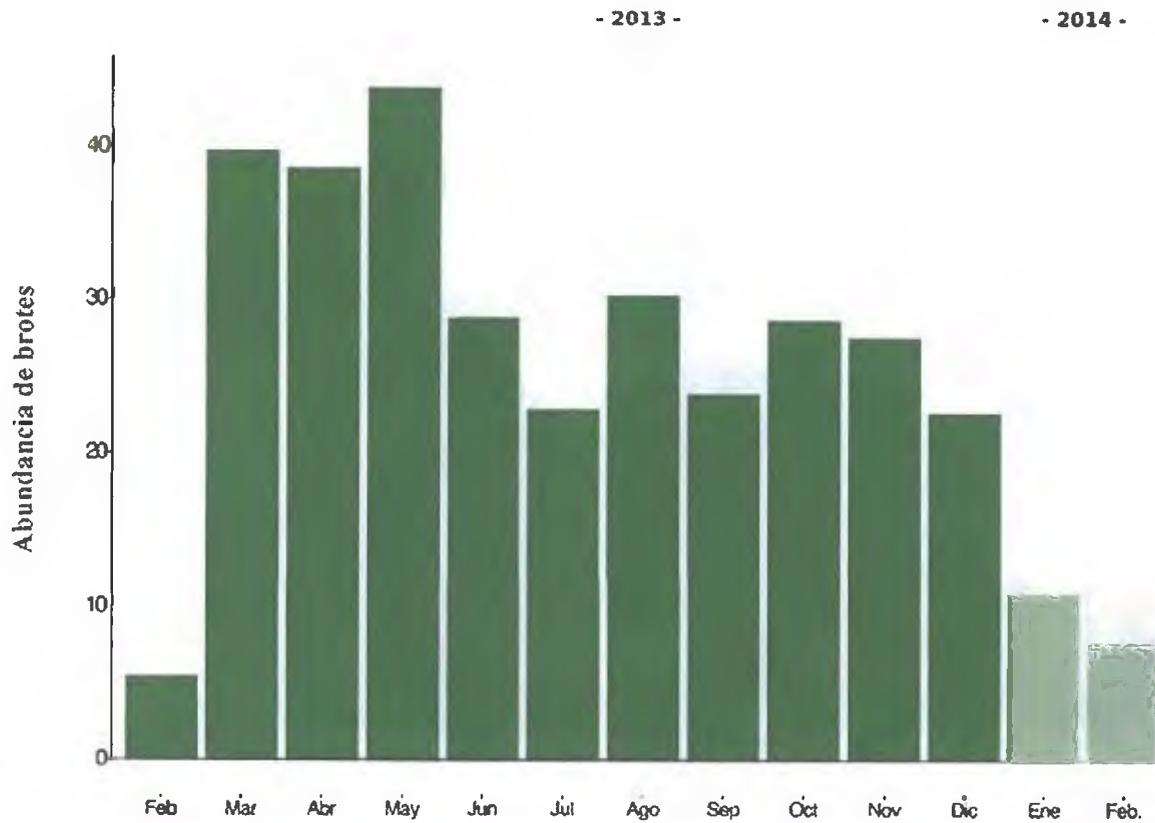


Fig. 13. Fluctuación del número de brotes de limón persa.

Si bien es cierto la presencia de los brotes vegetativos incrementa las probabilidades de mayor incidencia de la plaga, al ser un factor indispensable para la oviposición, la alimentación y el desarrollo adecuado de las formas inmaduras (Liu y Tsai 2000; Tsai *et al.*, 2002; Halbert y Manjunath, 2004; Hall *et al.*, 2008; Pluke *et al.*, 2008; Qureshi *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2010; Postalli-Parra *et al.*, 2010; Grafton-Cradwell *et al.*, 2013; Ortega *et al.*, 2013).

La relación de adultos y brotes totales fue moderada ($r = 0.75, >0.05$), coincidiendo con los meses de mayor brotación. No obstante, este resultó ser un pobre indicador de la abundancia de huevos y ninfas. Como se ha establecido hasta el momento, cada factor aporta en la regulación de la población, sin embargo, la interacción de los factores es lo que va a determinar los patrones en la dinámica poblacional de la plaga y no su acción en individual. Dicho esto, a pesar de la abundancia de brotes, las altas precipitaciones pudieron llegar a limitar las poblaciones de los estadios inmaduros de *D. citri* (Hall *et al.*, 2008; Moreno *et al.*, 2008).

Métodos de muestreo de adultos *Diaphorina citri*

Se utilizaron tres técnicas de colecta para determinar cuál era más eficaz y eficiente en la captura de las poblaciones de adultos de *D. citri*, lo que facilitaría el monitoreo que conlleva a una mejor toma de decisiones para el control de la plaga.

Como se puede observar en el cuadro 3, los tres métodos de recolecta fueron eficaces en la detección de la plaga, a pesar de que de que la mayor abundancia de individuos capturados se presentó por el método del aspirador (42%), seguido del golpeo de rama (31%) y por último por la trampa amarilla (27%). Sin embargo, el análisis de ANOVA DE BLOQUES AL AZAR, indica que no existe diferencias significativas en ninguno de los tres métodos de recolecta ($F = 4,080, gl = 2, p > 0.05$). Por otro lado, cabe destacar que la cantidad de árboles muestreados con el uso de las trampas amarillas fue menor que con los demás técnicas de colecta.

Cuadro 3. Análisis de la media de técnicas de muestreo de *Diaphorina citri*.

Método	Media	I.C. 95%	
		L.S.	L.I.
Aspirador manual	3,544 ± 5,112	3,902	3,185
Paragua entomológico	2,569 ± 2,399	2,738	2,401
Trampa amarilla	3,469 ± 7,6251	4,125	2,814

Estudios previos coinciden con lo presentado sobre la eficacia de las trampas amarillas y que al igual que el golpeteo, no difieren en su capacidad de detección (Hall *et al.*, 2007; Hall *et al.*, 2008). Sin embargo, Hall y Hentz (2010) encontraron que las trampas amarillas detectan mejor árboles con adultos, que el golpeteo, cuando las poblaciones son bajas y Hall (2009) indica que las trampas amarillas son un pobre estimador para la densidad poblacional.

Por otro lado, en cuanto a su eficiencia, las técnicas directas (inspección con el uso del aspirador, golpeteo) nos ofrecen una información inmediata, en cambio si hacemos uso de las trampas, la respuesta sería tardía, ya que habría que esperar un mínimo de una semana o un poco más, dependiendo del periodo que se estime, para conocer la densidad poblacional de los adultos.

También hay que tomar en consideración que estas técnicas como estimadores de la abundancia de la plaga, pueden estar influenciadas por diversos factores. La inspección de las ramas, haciendo uso de un aspirador, puede llegar a ser imprecisas cuando son diferentes profesionales que están aplicando la técnica, por lo que para poder reducir el error experimental se recomienda que siempre sean las mismas personas capacitadas que lleven a cabo el procedimiento.

Así mismo, cuando las poblaciones de adultos son altas, las técnicas de muestreo directo resultan ser más consistentes, ya que se no puede obviar la presencia de la plaga; es por ello que Hall y Hentz (2010) indican que las trampas amarillas detectan mejor cuando las poblaciones son bajas. Por otra parte, la coloración de la trampa es un factor importante como método de muestreo indirecto, ya que *D. citri* tiene mayor preferencia por los colores que se encuentran dentro de las regiones de reflectancia entre 495-620 nm (amarillo, verde, anaranjado) (Barrera *et al.*, 2011). Además, la preferencia de colores puede llegar a variar con la coloración que las hojas de los árboles presentan a raíz de los cambios de estación que se presentan a lo largo del año (Hall *et al.*, 2010).

El factor común perturbante, que podría influenciar la captura en cualquiera de las técnicas utilizadas, es el viento y los brotes. Los adultos son atraídos a los distintos árboles por los compuestos volátiles que desprenden los brotes y que se dispersa en el ambiente, en parte, con la ayuda del viento, y este a su vez también colabora con el movimiento de los especímenes de un lugar hacia otro, al presentar estos una limitada capacidad de vuelo (Knapp *et al.*, 2006).

En este estudio se consideraron tres componentes importantes que se utilizaron para evaluar la eficiencia de los métodos de muestreo, los cuales son el tiempo estimado en obtener los resultados, el esfuerzo realizado medido en el costo por día/hombre y el costo del equipo o material requerido.

Evaluando lo expuesto en el cuadro 4 el aspirador requiere de mayor tiempo, esfuerzo y precisión para poder ser ejecutado, lo cual puede llegar a variar dependiendo de la cantidad de brotes y árboles que sean analizados. Una vez seleccionados los brotes, se debe tener mucha cautela de no perturbar los adultos los cuales emprenden vuelo con cualquier movimiento que se realice en las ramas. Similar es el caso que se presenta con la técnica de paragua entomológico, adicionando el hecho que la presencia del viento, en el momento de la colecta, llega a ser un problema mayor al dispersarlos cuando se golpea la rama.

Cuadro 4. Evaluación de la eficiencia de las técnicas de muestreo de *Diaphorina citri*.

Métodos de muestreo	Equipo	Técnico (p/d)	Tiempo de ejecución (seg.)
Aspirador manual	B/. 7.90	B/. 20.00	30 - 60
Paragua entomológico	B/. 10.00	B/. 20.00	31 - 60
Trampas amarillas	B/. 0.15 a B/. 0.15	B/. 20.00	15 - 30

Las trampas amarillas por su parte, son muy económicas, fáciles de usar y su rango de recolecta es mayor, es decir que no está limitado a una cantidad específica de brotes a seleccionar por árbol y al estar situada en un sitio de colecta específico, durante un tiempo determinado, aumenta la probabilidad de recolecta de especímenes. Su ejecución no requiere mucha precisión ni esfuerzo, el tiempo que se invierte esta medido en inspección por trampa, que consiste en el conteo de adultos encontrados.

A pesar de que el costo mínimo por día laboral es de B/. 20.00, con lo expuesto anteriormente del esfuerzo que implica cada uno de métodos de muestreo realizados, considera que puede existir una mejor evaluación en cuanto al pago por el trabajo a realizar, lo que sería conveniente pagar por horas trabajadas.

Detección de los estadios inmaduros de *Diaphorina citri*

Con esta técnica se pudo determinar el comportamiento de la plaga en sus distintos estadios inmaduros. Los huevos fueron los más abundantes con un total de 8129, seguido de las ninfas 1 con 4832 y las ninfas 2 con 2208. A medida que se iba dando el desarrollo de *D. citri* la mortalidad iba en aumento, la cual se pudo haber dado por muchos factores abióticos como bióticos. La hembra por lo regular ovipone en los mismos árboles donde emergieron y coloca los huevos en grupos en brotes tiernos para asegurar la alimentación a las ninfas (Amuedo y Asplanato, 2009).

Parasitismo por *Tamarixia radiata*

Como alternativa al uso de productos químicos que pueden repercutir con la salud humana y a los cuales pueden adquirir resistencia los insectos, se presenta una alternativa biológica que controla las poblaciones de *Diaphorina citri*. Se estudió como las poblaciones de *Tamarixia radiata* repercuten en la mortalidad de las ninfas.

En la presente investigación, de los tres estratos del árbol, la copa fue donde se presentó un mayor número de ninfas parasitadas ($\text{Chi}^2= 10,835$, $\text{gl}=2$, <0.05), ya que es la parte del árbol donde se presenta con mayor frecuencia los brotes nuevos. El porcentaje de parasitismo fue muy bajo 5.75%, de las cuales el 17.32% de los parasitoides lograron alcanzar la fase adulta. Resultados casi similares se presentaron en con un 7.6% de parasitismo en Nayarit, México (Rodríguez *et al.*, 2012) y en el estado de Colima, México con un 10% (Robles, 2010).

No obstante, según reportes de Sánchez (2012) en un estudio realizado en tres municipios de Colima, México, el porcentaje de parasitismo es mayor cuando se realizan liberaciones del parasitoide, llegando a un 75.44% en comparación con lo encontrado en condiciones naturales con un máximo valor de 50.56%. En Cuba, González *et al.* (2003) determinaron para efectividades entre 30,72% y 97,26%. Indicando de esta manera la efectividad que puede llegar a tener si se realizara programas de liberación del parasitoide para el control de *D. citri*.

Por otro lado, se debe tener en consideración, con lo antes mencionado, que la respuesta numérica y funcional de *Tamarixia radiata* a diferentes densidades de ninfas de *D citri* juega también un rol muy importante en el control biológico. Baños *et al* (2014) determinaron que la tasa de parasitismo y el número de prole por hembra de *T radiata* aumenta al incrementar el número de hospederos, pero fue decreciendo a densidades entre 55 – 95 ninfas. Es decir que, las altas densidades de *D citri* tienen menor probabilidad de ser atacadas que cuando se encuentran a bajas densidades.

También hay que tomar en cuenta las aplicaciones de insecticidas que fueron realizadas en los árboles de limón persa. Se realizó un total de 5 aplicaciones a lo largo del periodo de muestreo, lo cual posiblemente pudo llegar a afectar el muestreo, las mismas fueron realizadas en las siguientes fechas:

- 1 27 de mayo al 1 de junio de 2013
- 2 20 al 25 de julio de 2013
- 3 27 de agosto al 5 de septiembre de 2013
- 4 3 al 8 de octubre de 2013
- 5 10 al 15 de diciembre de 2013

Para dichas fechas se logró observar una disminución de las fases adultas de *D citri*, por lo que podría atribuirse al uso de plaguicidas. No obstante, no fue el caso de las fases inmaduras, ya que sus poblaciones se mantuvieron altas en las primeras aplicaciones.

V CONCLUSIÓN

El monitoreo de plagas que representan un peligro para los cultivos, es una actividad de importancia y que requiere el debido cuidado, así la aplicación de técnicas que ayuden a determinar los focos de infestación y el estatus fitosanitario de los huertos. Esto nos brinda la oportunidad de poder tomar decisiones más certeras para llevar a cabo las acciones pertinentes que controlaran la situación.

De acuerdo con la información generada y atendiendo en los objetivos planteados, *D. citri* estuvo presente durante todo el año de muestreo, siendo mayo y octubre los meses de mayor incidencia de adultos, contrario a sus formas inmaduras donde en julio 2013 y enero 2014 se presentó su mayor abundancia.

Los factores abióticos y bióticos que tienen una gran influencia en la dinámica poblacional del *D. citri*, viéndose favorecidas por la presencia de brotes y afectadas por las precipitaciones, en especial los estadios inmaduros, así como también las altas temperaturas. La relación entre el estado fenológico de la planta y el ciclo de vida de la plaga nos permiten visualizar el momento oportuno para la aplicación de agroquímicos, los cuales deben intercalarse para evitar que el vector adquiera resistencia.

Los métodos directos (aspirador manual y golpeteo) como los indirectos (trampas amarillas) son eficaces para el monitoreo de *D. citri*. Como en este caso la finca de jardines urbanos cuenta con un área de hectáreas, lo más recomendable tomando en cuenta el tiempo y esfuerzo de los técnicos a desarrollar el trabajo y la eficiencia y eficacia del método, además de su bajo costo, el uso de las trampas amarillas es el más adecuado.

Es por ello que dependiendo de los objetivos que se presenten se puede considerar el uso de trampas amarillas para zonas de extensa plantación y los otros dos métodos para huertos establecidos ya sea en áreas rurales o urbanas.

El porcentaje de parasitismo fue de 5.75%, a pesar de su bajo nivel en comparación con otros países, no hay que dejar a un lado la posibilidad de poder tomarlo en consideración e implementarlo como método de control biológico.

No obstante, como medida de control químico, acorde los resultados obtenidos en este proyecto y tomando en consideración lo expuesto por Postalı-Parra *et al* (2010), la primera aplicación recomendable debe efectuarse aproximadamente de 5 a 8 días antes de que las plantas emitan la mayor cantidad de brotes, evitando la ocurrencia de las poblaciones de adultos que están en busca de sitios aptos para la oviposición. La segunda se realizaría ocho días después de la mayor emisión de brotes, ya que las ninfas no han alcanzado el nivel reproductivo en el cual son infectivas.

VI. RECOMENDACIONES

Consideraciones finales, la finca Jardines Urbanos, lugar donde se llevó a cabo la investigación, no es una finca convencional, ya que su principal producto de venta es la “grama”, sin embargo, también se dedican al cultivo del “limón persa”. Es por ello que se pudieron presentar ciertas variaciones en el estudio, sin embargo, al tener cultivo del cítrico se presentó la necesidad de buscar mecanismos para controlar o erradicar la plaga “*Diaphorina citri*”, antes de que represente un problema a nivel nacional al adquirir la bacteria causante de la enfermedad “Huanglongbing” y propagarse en las fincas citricolas del territorio nacional. De esta manera se asegura la producción de plantas sanas.

Sin embargo, para un manejo más eficiente del vector y prevención de la enfermedad se recomienda lo siguiente:

- Establecimiento de un grupo interdisciplinario capacitado para la detección, captura de *D. citri* y detección de la enfermedad Huanglongbing.
- Establecer un protocolo de muestreo a ser utilizado en las diversas fincas de cítricos.
- Tomar en consideración las distintas fases del brote vegetativo foliar (punta de lanza, despliegue, alargamiento y fase final de crecimiento), para relacionarlo con las fases de desarrollo de *D. citri*.
- El brote vegetativo foliar se caracteriza por presentar cuatro fases durante su desarrollo: punta de lanza, despliegue, alargamiento y fase final del crecimiento.

- Ampliar el tiempo de monitoreo de la plaga para poder establecer un modelo que permita predecir el número de adultos por temporada de brotación
- Evaluar la cadena de depredadores naturales de *D citri* que se encuentran distribuidos en las plantaciones
- Elaborar de un plan de manejo de insecticidas tomando en consideración la fenología de la planta, los periodos de brotacion y alternarlos para evitar resistencia por parte de la plaga

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achor, D.; E., Etxeberria; N., Wang; S. Y., Folimonova; K. R., Chung and G., Albrigo. 2010. Sequence of anatomical symptom observations in citrus affected with huanglongbing disease. *Plant Pathology Journal*. 9: 56-64.
- Albrigo, L. G. 2009. Control of flowering in citrus with reference to climate conditions in the American hemisphere. En: Memoria del V Taller de Bioclimatología y Manejo de Producción de Cítricos, dela Red Interamericana de Cítricos. Carabobo, Venezuela.
- Alcántar, E. 2009. Evaluación de productos alternativos para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos. Tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 46 pp.
- Alemán, J.; H., Baños y J., Ravelo. 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing; una combinación destructiva para la producción citrícola. Revista de Protección Vegetal. 22 (3): 152-165.
- Amuedo, S. y G., Asplanato. 2009. Distribución espacial de estados inmaduros y adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). 33-36 pp.
- Asociación Nacional del Café (Anacafé). 2004. Cultivo de Limón Persa. Guatemala. 24 pp.
- Anónimo. 2009. El Huanglonbing en 16 preguntas, una nueva amenaza sobre cítricos del Mediterráneo. Edición especial No. 168. *Fruitrop*. 7 pp.
- Asplanato, G. y J., Buenahora. 2009. Problemática: la plaga y su control en el mundo. El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*, vector del HLB In:

Buenahora, J.; E., Pérez; G., Asplanato (eds.). HLB: Aspectos generales de la enfermedad. *Diaphorina citri*: Avances de la investigación en Uruguay. Salto (Uruguay): INIA, 2009. 6-16 pp (INIA Serie Actividades de Difusión; 569).

- Asplanato, G. 2011. El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (HEMIPTER: PSYLLIDAE): primeros estudios bioecológicos en Uruguay Montevideo (UY): INIA. 46 pp. (Serie FPTA-INIA; 28) "Proyecto FPTA 230: "*Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector de *Candidatus Liberibacter* spp., organismo causal del Huanglongbing de los cítricos, contribución al desarrollo del manejo integrado de la plaga"
- Asplanato, G; J., Pazos; J., Buenahora; S., Amuedo; L., Rubio y J., Franco. 2011. El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae): Primeros estudios bioecológicos en Uruguay. 46 pp.
- Aubert, B. 1987. *Trioza erythrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42 (3): 149-162. '
- Aubert, B and Y. H., Xia. 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya canopies*. Rome: FAO, P. 181-187. International FAO-UNDP Conference on Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region.
- Aubert, B. 1992. Citrus greening disease, a serious limiting factor for citricultura in Asia and Africa. *Proceedings International Society of Citriculture*. 2: 817-820.
- Aurambout, J. P.; K. J., Finlay; J., Luck and G. A., Beattie. 2009. A concept model to estimate the potencial distribution of the Asiatic citrus psyllid

(*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change-A means for assessing biosecurity risk *Ecological Modelling* 220 2512-2524

- Baños D , H, I, Miranda, M , Martínez, S , Ramírez, A , Sánchez 2014 Respuesta numérica y funcional de *Tamarixia radiata* Waterston 1922 (Hymenoptera Eulophidae) a diferentes densidades de ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera Liviidae) *Entomotropica* 29 (3) 139-148
- Barrera, J F , J , Herrera, F , Vázquez, M , Hernández, J , Gómez y J , Valle 2011 Estudios sobre trampeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera Psyllidae) En Memoria del 2º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psilido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México
- Bassanezi, R B , L H , Montesino and E S , Stuchi 2008 Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil 11th International Citrus Congress, Wuhan, 2008 228-229 pp
- Beltrán, J 2012 Evaluacion de patrones para lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) frente a *Citrus tristeza* virus (CTV) Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia 67 pp
- Bombin, Z V , K M , Lima, J G , Silva, M A , Costa and R A , Zucchi 2011 A Morphometric and Molecular Study of *Anastrepha pickelli* Lima (Diptera Tephritidae) *Neotropical Entomology* 40 (5) 587-594
- Boselli, F B 1960 Study sugli Psillidi (Homoptera Psyllidae o Chermidae) XL Biologia e sviluppo di *Diaphorina putonii* Loew, specie nuova per la fauna italiana *Annali della Sperimentazione Agraria* 14 139-156

- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*. 88 (1): 7-37.
- Boykin, L. M.; P., De Barro; D. G., Hall; W. B., Hunter; C. L., McKenzie; C. A., Powell and R. G., Shatters. 2012. Overview of worldwide diversity of *Diaphorina citri* Kuwayama mitochondrial cytochrome oxidase I haplotypes: two Old World lineages and a New World invasion. *Bulletin of Entomological Research*. 17: 1–10.
- Brlansky, R. H. and Rogers, M. E. 2007. Citrus Huanglongbing: Understanding the Vector-Pathogen Interaction for Disease Management. Online APSnet Features doi:10.1094/APSnetFeatures-2007-1207
- Burchkardt, D. 2007. Order Sternorrhyncha, superfamily Psylloidea. *Arthropod fauna of the UAE*. 1: 159-169.
- Burchkardt, D. and D., Ouvrard. 2012. A revised classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea). *Zootaxa*. 3509: 1-34.
- CABI/EPPO. 2011. *Diaphorina citri*. [Distribution map]. Distribution Maps of Plant Pests, No. December. Wallingford, UK: CABI, Map 334.
- Cañizares, A. 2000. Descripción morfológica de la lima “Tahiti”. *Fonaiip Divulga* No. 65.
- Cañizares, A.; M., Sanabrá y E., Rojas. 2005. Anatomía de la hoja de Lima Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). *Revista UDO Agrícola* 5 (1): 68-73.
- Capoor, S. P. 1963. Decline of citrus trees in India. *Bulletin of National Institute of Science India*. 24: 48-64.

- Carrillo, D.; D., Amalin; F., Hosein; A., Roda; R. E., Duncan and J. E., Peña. 2012a. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology*. 57 (3-4): 271-289.
- Chen, C. N. 1998. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. Extension - Bulletin - ASPAC, Food and Fertilizer Technology Center, No. 459: 1-5.
- Chen, X. L. and Stansly, P. A. 2014. Effect of holding diet on egg formation of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea). *Florida Entomologist*. 97: 491- 495.
- Chiaradia, L. A.; J. M., Milanez; M. A., Smaniotto and M. R., Furland. 2008. Flutuação populacional e alturadecaptura de *Diaphorina citri* em pomar de citros. *Revista de Ciências Agroveterinarias*. 7 (2): 157-159.
- Chien, C. C.; Y. I., Chu and S. C., Ku. 1991. Parasite strategy, morphology and life history of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera, Eulophidae). *Chinese Journal of Entomology*. 11: 264-281.
- Chien, C. C.; Y. I., Chu and S. C., Ku. 1994. Oosorption and ovoposition regulating capability of the eulophid wasp, *Tamarixia radiata* and its internal reproductive organs. *Plant Protection Bulletin*. 36: 97-105.
- Chien, C. C. 1995. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. In: Proceedings of the Symposium on Research and Development of Citrus in Taiwan, Taichung, Taiwan, 245-261 pp.

- Chien, C.C. and Y. I., Chu. 1996. **Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan.** *International Journal of Pest Management.* 34: 93-105.
- Childers, C. C. and M. E., Rogers. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society.* 118: 49-53.
- Chiou-Nan, Chen. 1998. Ecology of the Insect Vectors of Citrus Systemic Diseases and Their Control in Taiwan. FFTC Publication Database. Disponible en www.agnet.org/library/eb/459a/.
- Chu, Y. I. and C. C., Chien. 1991. Utilization of natural enemies to control psyllid vectors transmitting citrus greening. In: *Integrated Control of Plant Virus Diseases.* Kirimati, K.; H. J., Su and Y. I., Chu (eds.). 135-145 pp. Food and Fertilizer Technology Center of the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan
- Coletta-Filho, H. D; M. L., Targon; M. A., Takita; J. D., De Negri; J., Pompeu Jr. and M. A., Machado. 2004. First report of the causal agent of Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) in Brazil. *Plant Disease.* 88 (12): 1382.
- Cortés, M. E.; J. I., López; L. M., Hernández; A. F., Castillo y J. G., Loera. 2010. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces en México: Selección de Insecticidas y épocas de aplicación. Folleto Técnico No. 35. INIFAP, México. 22 pp.
- Cortez, M. E.; J. I., López; L., Rodríguez; M. P., Partida; J., Pérez y V. M., González. 2011. Capacidad de depredación de especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama en los cítricos de Sinaloa, México. 323-333 pp. En:

López, J. I; V. W., González (eds). Memoria 2do Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, Montecillo, Edo. de México, México. Centro Regional de Investigación del Noreste (CIRNE), Campo Experimental General Terán.

- COSAVE. 2013. Ficha técnica de *Diaphorina citri*. 4 pp.
- Costa, M. G.; J. C., Barbosa; P. T., Yamamoto and L. R., Moreira. 2010. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. *Scientia Agricola*. 67 (5): 546-554.
- da Graca, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annual Review of Phytopathology*. 29: 109-136.
- da Graca, J. V. and L., Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: review, present status and future strategies. 229-245 pp. In: Naqvi, S. A. (ed). *Diseases of Fruits and Vegetables Vol. I* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- De La Cruz, E. 2014. Dinámica poblacional y distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama sobre naranja valencia late en el norte de Veracruz. Tesis de doctorado. Chapingo, Estado de México, México. 72 pp.
- De León, J. H.; M., Sétamou; G. A., Gastaminza; J., Buenahora; S., Cáceres; P. T., Yamamoto; J. P., Bouvet and G. A., Logarzo. 2011. Two Separate Introductions of Asian Citrus Psyllid Populations Found in the American Continents. *Annals of the Entomological Society of America*. 104 (6): 1392-1398.

- De los Santos-Morales, I. 2013. Monografía del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp*) de los cítricos. Trabajo de experiencia recepcional. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, México. 36 pp.
- Díaz-Zorrilla, U. A. 2010. Estudio de evaluación de efectividad biológica de Engeo®, para controlar *Diaphorina citri* en limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.). 1er Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, N. L., México. 396-407 pp.
- Ebert, T. A.; M. E., Rogers and R. H., Brlansky. 2008. Seasonal occurrence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Asian Citrus Psyllids in Florida. 259-260 pp.
- EPPO. 2016. EPPO Global database. Paris, France: EPPO. <https://gd.eppo.int/>
- Esquivel, F.; G., Valdovinos; G., Mora; R., Gómez; J. J., Velázquez y J. I., López. 2010. Análisis histológico y epidemiológico del limón mexicano y limón persa asociados a síntomas del hlb (huanglongbing). En memoria del 1er. Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. 99-103 pp.
- Étienne, J.; D., Burckhardt et C., Grapin. 1998. *Diaphorina citri* (Kuwayama) (sic) en Guadeloupe, premier signalement pour les Caraïbes (Hemiptera.: Psyllidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*. 103 (1): 32 pp.
- Etienne J.; S., Quilici; D., Marival and A., Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*. 56: 307–315.

- Etxeberria, E.; P., González; D., Achor, and G., Albrigo. 2009. Anatomical distribution of abnormally high levels of starch in HLB-affected Valencia orange trees. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 74:76–83.
- Fernández, M. y I., Miranda. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte I. Características morfológicas, incidencia y enemigos naturales asociados. *Revista Protección Vegetal*. 20 (1): 27-31.
- Fletcher, J. and A. Wayadande. 2002. Fastidious vascular-colonizing bacteria. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2002-1218-02.
- Flores, J. L.; G., Mora; E., Loeza; G., Acevedo; G., Díaz; N., Ruiz; J. I., López; P., Rivas; A., Novelo; P., López y F ., Sánchez. 2010. Análisis Estructural de **Focos** y Gradientes de Dispersión del Huanglongbing (HLB) de los cítricos, en la Península de Yucatán. En memoria del 1er. Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. 104-118 pp.
- Folimonova, S. Y. and S. D., Achor. 2010. Early events of citrus greening (huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. *Phytopatology*. 100: 09-49
- Fonseca, O.; N., Valera y C., Vásquez. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica*. 22 (3): 145-152.

- Fraser, L. R.; D., Singh; S. P., Capoor and T. K., Nariani. 1966. Greening virus, the likely cause of citrus dieback in India. *FAO Plant Protection Bulletin*. 14: 127-130.
- French, J. V.; C. J., Kahlke and J. V., Da Graca. 2001. First record of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), in Texas. *Subtropical Plant Science* 53: 14-15.
- Fung, Y. C. and C. N. Chen. 2006. Effects of temperature and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Formosan Entomologist*. 26: 109–123.
- Gandarilla, F. L. 2012. Evaluación de aislados nativos de hongos entomopatógenos de zonas citrícolas sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma León, México.
- García, C. 2006. Huanglongbing (HLB-Greening). Dirección de Vigilancia y Monitoreo. Disponible en: [http:// www.senasa.gov.ar](http://www.senasa.gov.ar)
- García, D. C. 2009. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vector de la bacteria que causa el Huanglongbing (HLB – Greening). 18 pp.
- García, F. 2013. Caracterización Morfométrica y Genética de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) de Rutáceas en Cazonas, Veracruz, México. Tesis de Grado. Doctorado en Ciencias en Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 89 pp.

- García, D.; S., Sánchez; J., Romero y J., Pérez. 2013. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón persa (*Citrus latifolia*), en Huimanguillo, Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*. 39 (2): 201-204.
- Garza, U. E. 2014. El Psílido Asiático de los cítricos *Diaphorina citri* y su manejo en la zona media y huasteca potosina. Campo Experimental Las Huastecas. INIFAP-CIRNE. Villa Cuauhtémoc, Tam. México. Folleto para productores No. MX-0-310107-12-03-14-10-22.
- Gómez, H. D. 2010. Síntomas de Huanglongbing (HLB) y de deficiencias nutricionales. 2do Taller Internacional sobre el Huanglongbing y el Psílido Asiático de los cítricos. Mérida, Yu., México.
- González, C.; D., Hernández; R., Cabrera y J., Tapia. 2003. *Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. 10 pp.
- González, A. L. y J. A., Solano 2009. Plan de acción para la vigilancia de Huanglongbing de los cítricos en Costa Rica. 22 pp.
- González, F. 2011. Compilación bibliográfica del Limón persa (*Citrus latifolia*). Trabajo Recepcional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, México. 50 pp.
- Gottwald, T. R., S. Parnell, E. Taylor, K. Poole, J. Hodge, A. Ford, L. Therrien, S. Mayo, M. Ireya. 2008. Within-tree distribution of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Proceedings International Research Conference on Huanglongbing, Orlando. p.270-273

- Gottwald, T. R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*. 48: 119–139.
- Grafton-Cardwell, E.; K., Godfrey; M., Rogers; C., Childers and P., Stansly. 2006. Asian citrus psyllid. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Publication 8205: 8.
- Grafton-Cardwell, E. E.; L. L., Stelinski and P. A., Stansly. 2013. Biology and management of Asian Citrus Psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology*. 58: 413-432.
- Halbert, S. E. and 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.
- Halbert, S. E. and C. A., Nuñez. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. *Florida entomologist*. 87 (3): 401-402.
- Halbert, S. E.; K. L., Manjunath; C., Ramadugu; M. W., Brodie; S. E., Webb and R. F., Lee. 2010. Trailers transporting oranges to processing plants move Asian citrus psyllids. *Florida Entomologist*. 93: 33-38.
- Hall, D.; M., Hentz; R., Adair; M., Ciomperlik. 2007. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Florida Entomologist*. 90 (2): 327-334.

- Hall, D. G. 2008. Biology, history and world status of *Diaphorina citri*. North American Plant Protection Organization, Proceedings of the Taller Internacional sobre Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos. Hermosillo, Sonora. 11 pp.
- Hall, D.G.; M. G., Hentz; R. C., Adair Jr. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida Citrus Groves. *Environmental Entomology*. 37(4): 914-924.
- 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. and M. G., Hentz. 2010. Sticky trap and stem-tap sampling protocols for the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*. 103: 541-549.
- Hall, D. G.; RG, Shatters; J. E., Carpenter and J. P., Shapiro. 2010. Progress toward an artificial diet for adult Asian citrus psyllid. *Annals of the Entomological Society of America*. 103: 611–617.
- Hernández, L. M.; M. A., Urias; J. I., López; R., Gómez y N., Bautista. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (3): 427-439.
- Hernández, M. 2013. Ficha técnica: Cultivo del Limón. 17 pp.

- Hoodle, M. S. 2012. Foreign exploration for natural enemies of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), in the Punjab of Pakistan for use in a classical biological control program California USA. *Pakistan Entomologist*. 34 (1): 1-5.
- Hodges, A. W. and T. H., Spreen. 2011. Economic Impacts of Citrus Greening (HLB) in Florida. Food and Resources Economic Department Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida. Gainesville, Florida.
- Hodges, A. W. y Spreen, T. H. 2012. Economic impacts of citrus greening (HLB) in Florida. 1–6 pp.
- Hodgkinson, I. D. 2009. Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *Journal of Natural History*. 43 (1-2): 65-179.
- Hoy, M. A.; R., Nguyen and A., Jeyparakash. 2006. Classical biological control of Asian citrus psyllid in Florida. *Florida IPM*. http://ipm.ifas.ufl.edu/Agricultural_IPM/psyllid.shtml
- Husain, M. A. and D., Nath. 1923. The Life-history of *Tetrastichus radiates* parasitic on *Euphalerm citri*, Euw.; and it's Hyperparasite. 122-128 pp. In: Rep. Proceedings 5th Entomol. Mtg., Pusa.
- Husain, M. and Nath, D. 1926. Citrus Psylla (*Diaphorina citri*, Kuw.) Psyllidae: Homoptera. Entomological Section, Department of Agriculture, Punjab. 28 pp. En Crawford, D. L. 1922. Records of the Indian Museum. XXVI. 615-616 pp.

- Husain, M. A. and D., Nath. 1927. The citrus psylla (*Diaphorina citri*, Kuw.) [Psyllidae: Homoptera]. *Memoirs of the Department of Agriculture in India, Entomological Series*. 10: 1–27.
- INISAV. 1999. La enfermedad del enverdecimiento de los cítricos y su vector (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Boletín Técnico La Habana*. 5 (1): 1 – 58.
- Inoue, H.; J., Ohnishi; T., Ito; K., Tomimura; S., Miyata; T., Iwanami and W., Ashihara. 2009. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. *Annals of Applied Biology*. 155: 29–36.
- Jagoueix, S.; J. M., Bove and M., Garnier. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease of the proteobacteria is a member of the alpha subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 44: 379–386.
- Jervis, M. A.; G. E., Heimpel and P. N., Fems. 2001. Life history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of ovigeny. *Journal of Animal Ecology*. 70: 442-458.
- Khan, M. A.; M., Agnihotri and S. N., Sushil. 2005. Taxonomic studies of eulophid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of India. *Pantnagar Journal of Research* 2 (1) (Special Suppl.):169-170.
- Knapp, J. L.; S., Halbert; R., Lee; M., Hoy; R., Clarck and M., Kesinger. 2006. The Asian Citrus Psyllid and Citrus Greening Disease. <http://ipm.ufl.edu/agricultural/fruit/citrus/>

- Lee, H. A. 1921. The relation of stocks to mottled leaf of citrus leaves. *Philippine journal of science*. 18: 85-95.
- Lewis-Rosenblum, H. 2011. Seasonal and long-range movement of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. MS thesis. University of Florida, Gainesville. 75 pp.
- Lima, A. C. 1942. Insectos do Brasil, Homopteros. Ser. Didact. 4 Esc. Nac. Agron. 3: 327.
- Lin, C. K. 1956. Observations on yellow shoot on citrus. *Acta Phytophylactica Sinica*. 2: 237-242.
- Lin, C. K. 1963. Notes on citrus yellow shoot disease. *Acta Phytophylactica Sinica*. 2: 243-251.
- Lin, Hong; Doddapaneni, H.; Bai, X.; Yao, J.; Zhao, X. y Civerolo, E. 2008. Acquisition of uncharacterized sequences from Candidatus Liberibacter, an unculturable bacterium, using an improved genomic walking method. *Molecular and Cellular Probes*. 22 (2008): 30-37.
- Liu, Y. H. and 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: 201-206.
- Lopes, S. A.; E., Bertolini; G. F., Frare; E. C., Martins; N. A., Wulff; D. C., Teixeira; N. G., Fernandes; M., Cambra. 2009. Graft transmission efficiencies and multiplication of 'Candidatus Liberibacter americanus' and 'Ca. Liberibacter asiaticus' in citrus plants. *Phytopathology*. 99:301-306.

- Lozano, M. G. y J. J., Argumedo. 2012. Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16 (1): 5-11.
- Lozano-Contreras, M. G.; M. Guadalupe y J. J. Argumedo. 2012. Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el Estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16: 5–11.
- Macías, C.; Santillán, C.; Robles, A.; Isiordia, N.; Ortiz, M. 2013. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa en “La Fortuna”, Nayarit, México.
- Malo, S. E.; C. W., Campbell; C. F., Balerdi y J. H., Crane. 2013. El Limón Persa en Florida. University of Florida, Estados Unidos. 3 pp.
- Marco, V. 2001. Modelación de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al Manejo integrado de Plagas mediante el método de grados-días. *Aracnet* (Bol. S.E.A.) 7(28): 147-150.
- Martínez, A. L. and J. M., Wallace. 1967. Citrus leaf mottle yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by a psyllid, *Diaphorina citri*. *Plant Disease Reporter*. 51: 692-695.
- Martínez, J. L. 2010. *Diaphorina citri* Kawayama. Psílido asiático de los cítricos. Ficha técnica. Instituto Tecnológico de Sonora. 20 p.
- McLean, A. P. and P. C., Oberholzer. 1965 A. Greening disease of the Sweet Orange: evidence that it is caused by a transmissible virus. *South African Journal of Science*. 8: 253-276.

- McLean, A. P. and P. C., Oberholzer 1965 B. Citrus psylla, a vector of the greening disease of sweet orange. *South African Journal of Science*. 8: 297-298.
- McClean, A. P. and R. E., Schwartz. 1970. Greening of blotchy-mottle disease in citrus. *Phytophylactica*. 2: 177-194.
- Mann, R. S.; K., Pelz-Tetelinski; S. L., Herman; S., Tiwari and L., Stelinski. 2011. Sexual transmission of a plant pathogenic bacterium, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, between conspecific insect vectors during mating. *PLoS One* 6: e29197
- Mead, F, W. 1977. The Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Entomology Circular. Nº 180. Florida Department of Agricultural and Consumer Service, Division of Plant Industry, Gainesville, Florida. 4pp.
- Mejia, M. 2005. Calentamiento global y la distribución de plagas. *Boletín de la NAPPO* (Ontario, Canada). pp. 5-6.
- Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomologist*. 84: 608-612.
- Michaud, J. P. 2002. Biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: a preliminary report. *Entomology News*. 113: 2169-2223.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*. 29: 260-269.
- Michaud, J. P. and Olsen, L. E. 2004. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *Biological Control*. 49: 417-431.

- Monselise, S. P. 1985. Citrus and related species. In: Halevy A. H. (Ed.). Handbook of flowering. Vol. 2. CRC Press. Fla, EUA. 257-294 pp.
- Monzó, C.; A., Urbaneja y A., Tena. 2015. Los psílidos *Diaphorina citri* y *Trioza erytreae* como vectores de la enfermedad de cítricos de Huanglongbing (HLB): reciente detección de *Trioza erytreae* en la Península Ibérica. Boletín SEEA. 1: 29-37.
- Mora, G. 2012. Huanglongbing. Ficha técnica. Colegio de postgraduados. SENASICA. SAGARPA.
- Moreno, P.; da Graça, J. V. and Yokomi, R. K. 1996. Preface. In: Proceedings of the 13th Conference IOCV (p. iv, Univ. of California, Riverside, CA, USA.)
- Moreno-Pérez, M.; E., Pozo; R., Valdés y M. M., Cárdenas. 2008. Distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). *Fitosanidad*. 12 (1): 33-37.
- Murray, R. G. and K. H., Schleifer. 1994. Taxonomic notes: a proposal for recording the properties of putative taxa of prokaryotes. *International Journal of Systemic Bacteriology*. 44: 174-176.
- Murray, R. G. and E., Stackebrandt. 1995. Taxonomic note: implementation of the provisional status *Candidatus* for incompletely described prokaryotes. *International Journal System Bacteriology*. 45: 186-187.
- Nava, D. E.; M. L., Torres; M. D., Rodríguez; J. M., Bento and J. R., Parra. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*. 131: 709-715.

- Nava, D. E.; M. L., Gómez-Torres; M. D., Rodríguez; M. S., Bento; M. L., Haddad and R. P., Parra. 2010. The effects of host, geographic origin and gender on the termal requirements of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*. 39 (2): 678-684.
- Oberholzer, P. C.; D. F., von Staden and W. J., Basson. 1965. Greening disease of sweet orange in South Africa. Proceeding 3rd Conference International Organization of Citrus Virologists: 213-219.
- OIRSA. 2010. Plan de regional de contingencia para la prevención y contención del HLB en la región. Cuarta Edición.
- Orozco, S. S. 1995. Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México, Universidad Autónoma Chapingo, México. 150 pp.
- Otake, A. 1990. Bibliography of citrus greening disease and its vectors attached with indices, and a critical review on the ecology of the vectors and their control. Japan International Cooperation Agency. 161 pp.
- Ortega, A. L.; A., Villegas; A.. Ramírez y E. E., Mendoza. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en plantaciones de cítricos en Cazonas, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 29 (2): 317-333.
- Pacheco, J. J.; J. A., Samaniego; Fontes, A. A. 2012. Tecnología para el manejo integrado del psílido *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae) en cítricos en Sonora. Folleto técnico No. 88. ISBN 978-607-425-817-2.

- Peña, K. I. 2012. Variación morfológica y genética de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en los estados de Colima, Nuevo León, Tamaulipas y Michoacan, México. Tesis de Grado. Maestría en Ciencias con Acentuación Entomología Médica. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas.
- Pérez, E. 2009. Huanglongbing (Ex Greening): aspectos básicos, biología, diagnóstico, prevención In: Buenahora, J.; E., Pérez; G., Asplanato. HLB: Aspectos generales de la enfermedad. *Diaphorina citri*: Avances de la investigación en Uruguay. 1-5 pp. (INIA Serie Actividades de Difusión; 569).
- Pérez, L. F. 2013. MoAv. Tesis de grado. Universidad Icesi, Santiago de Cali, Colombia.
- Pluke, R. W. H.; J. A., Gureshi and 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 (1): 36-42.
- Postalli-Parra, J. R.; J. R., Spotti-Lopes, M. L., Gómez-Torres; D. E., Nava and P. E., Branco-Paiva. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bacterias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research & Technology*. 31 (1): 37-51.

- Quijano-Carranza, J. A. 2010. Avances en el desarrollo de un modelo de simulación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama, vector de la enfermedad HLB de los cítricos. 1 er Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México – 2010. Monterrey, N.L., México. 157-162 pp.
- Quilici, S., and X., Fauvergue. 1990. Etude de certains parametres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vecteur asiatique du greening des agrumes. 251-256 pp. In Proc. 4th Intl. Asia-Pacific Conf. Citrus Rehabilitation, Chiang Mai, Thailand.
- Qureshi, J. A. and P. A. Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control* 50: 129136.
- Rae, D. J.; W. G., Liang; D. M., Watson; G. A., Beattie and M. D., Huang. 1997. Evaluation of petroleum spray oils for control of de Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae) in China. *International Journal of Pest Management*. 43 (1): 71-75.
- Ramos, C. 2008. Huanglongbing (“Citrus greening”) y el psílido asiático de los cítricos, una perspectiva de su situación actual. 19 pp.
- Regmi, C. and. T. K., Lama. 1988. Greening incidence and greening vector population dynamics in Pokhara. 238-242 pp. In: Proc. of the 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). Riverside, California, USA.

- Reinking, O. A. 1919. Diseases of economic plants in southern China. *Philippine Agriculture* 8: 109-135.
- Richardson, M. L. and Hall, D. G. 2012. Resistance of *Poncirus* and *Citrus* x *Poncirus* Germplasm to the Asian citrus psyllid. *Crop Science Society of America*. 53 (1): 183-188.
- Robles, G. M.; J. J., Velázquez; M., Orozco; M. A., Manzanilla; R., Flores; H., Arredondo; A. B., Archila; M. C., Núñez; M., Barba; J. G., Reyes y J. I., Rodríguez. 2010. Bioecología del Psílido Asiático de los Cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón mexicano en Colima. *Resúmenes del VI Simposio Internacional Citrícola*. Tecomán, Colima. Pp. 31-73.
- Rodríguez, M.; J., Camber; A., Robles; C., Carvajal y O., Estrada. 2012. Enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Nayarit, México. *Acta zoológica mexicana*. 28(3); 625-629.
- Salehi, M; M. M., Faghihi; A, Khanchezar; A, Bagheree and K, Izadpanah. 2012. Distribution of citrus Huanglongbing disease and its vector in southern Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*. 48(2): Pe195-Pe208, En61-En64.
- Salcedo, D.; R., Hinojosa; G., Mora; I., Covarrubias; F., De Paolis; C., Cíntora y S., Mora. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA. Oficina del IICA en México. En línea: <http://portal.hlbcolima.org/descargas/item/59-cadenacitricola-mexicana.html>.

- Sánchez, J. A. y H. C., Arredondo. 2009. Entomófagos asociados al psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el estado de Colima. In: Zapata M., R.; W. M. Contreras; A. A., Granados y S. L., Arriaga. (eds.), Memorias del XXXII Congreso Nacional de Control Biológico. 4 al 6 de noviembre de 2009. Villahermosa, Tabasco, México. 364-368 pp.
- Sánchez, B. M. 2012. Evaluación de *Beauveria bassiana* en Formulaciones no Convencionales para el Control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 50 pp.
- Sánchez, J.A.; G., Moreno; J., González y H., Arredondo. 2012. Parasitismo de *Tamarixia radiata* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en áreas urbanas de la zona citrícola de Colima. 311-315 pp.
- Schauf, M. E.; J., LaSalle and L. D., Coote. 1997. Chapter 10. Eulophidae. 350 pp. In: Gibson, G. A.; J. T., Huber and J. B., Woolley. (eds.). Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canada.
- Scott, J. G. 1995. Effects of temperature on insecticides toxicity. 111–135. In: Roe, R. M. and R. J., Kuhr (eds.). Reviews in pesticide toxicology, vol. 3. Toxicology Communications Inc., Raleigh, N. C.

- Shimwela, M. M.; H. A., Narouei-Khandan; S. E., Halbert; M. L., Keremane; G. V., Minsavage; S., Timilsina; D. P., Massawe; J. B., Jones; A. H. C. van, Bruggen 2016. First occurrence of *Diaphorina citri* in East Africa, characterization of the *Ca. Liberibacter* species causing huanglongbing (HLB) in Tanzania, and potential further spread of *D. citri* and HLB in Africa and Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 146: 349-368.
- Skelley, L. H. and Hoy, M. A. 2004. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control*. 29: 14–23.
- Sparks, T. C.; M. H., Shour, and E. G., Wellemeyer. 1982. Temperature-toxicity relationships of pyrethroids on three lepidopterans. *Journal of Economic Entomology*. 75: 643-646.
- Suárez, C. J. 2008. Control de Piojo Harinoso y *Diaphorina citri*. Curso de capacitación a productores. SAGARPA. 63 pp.
- Tang, Y. Q. and B., Aubert. 1990. An illustrated guide to the identification of parasitic wasps associated with *Diaphorina citri* Kuwayama in the Asian-Pacific Region. In: Aubert, B.; S., Tontyaporn and D., Buangsuwon (eds). Proceedings of the 4th International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation, Chiang Mai, Thailand. Rome: FAO UNDP. 228-239 pp.
- Tang, Y. Q. and Z. P., Huang. 1991. Studies on the biology of two primary parasites of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). In: Ke, C. and S. B., Osman (eds). Proceedings of the 6th International Asia Pacific Workshop on Integrated Citrus Health Management. Kuala Lumpur, Malaysia. 91-98 pp.

- Tapia, G. y E., Esquivel. 2009. Plan Regional de Contingencia para la Prevención y Contención del Huanglongbing o Greening de los cítricos en los Países Miembros del OIRSA. 120 pp.
- Texeira, D. C.; J. L., Danet; S., Eveillard; E. C., Martins; W., Cintra de Jesus Junior; P.T., Yamamoto; S. A., Lopes; R.B., Bassanezi; A. J., Ayres; C., Saillard, and J.M., Bove. 2005. Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus*' Liberibacter species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes*.19: 173-179
- Tirtawidjaja, S. 1980. Citrus virus research in Indonesia. In: Proceedings of 8th international organization of citrus virologists (IOCV). Calavan, E. C.; S. M., Garnsey, and L. W., Timmer (eds). 129-132 pp. IOCV, Riverside, CA.
- Toth, S. J. and T C., Sparks. 1990. Effect of temperature on toxicity and knockdown activity of cis-permethrin, esfenvalerate, and λ -cyhalothrin in the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*. 83: 342-346.
- Tsai, J. H. and Y. H., Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*. 93 (6): 1721-1725.
- Tsai, J. H.; J. J., Wang and Y. H., Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. *The Florida Entomologist*. 85 (3): 446-451.

- Urías, M. A.; J. A., Osuna; V., Vázquez; M. H., Pérez. 2010. Fluctuación poblacional y distribución de la escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 16: 77-82.
- Urías, M. A.; L. M., Hernández; J. L., López y N. C., García. 2011. Distribución temporal y densidades de población del psílido asiático de los cítricos (Hemiptera: Psyllidae) en Nayarit, México, 156-162 pp. In: López, J. L.; V. W., González (Comp.) 2° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, Montecillo, Edo. de México, México.
- Van der Merwe, A. J. and F. G., Andersen. 1937. Chromium and manganese toxicity. Is it important in Transvaal citrus greening? *Farming in South Africa*. 12: 439-440.
- Vanegas, M. 2002. *Frutal Es: Guía Técnica del Cultivo de Limón Pérsico*. Bib. Orton IICA/CATIE, El Salvador. 44 pp.
- Waterston, J. 1922. On the chalcidoid parasites of psyllids (Hemiptera, Homoptera). *Bulletin of Entomological Research*. 13: 41-58.
- Wenninger, E. J. and D. G., Hall. 2007. Daily timing of and age at mating in the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*. 90: 715–722.
- Wenninger, E. J. and D. G., Hall. 2008. Daily and seasonal patterns in abdomen color in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 101: 585-592.

- Wenninger, E. J.; D. G., Hall and R. W., Mankin. 2008 A. Vibrational communication between the sexes in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Annals of Entomological Society of America*. 102 (3): 547-555.
- Wenninger, E. J., L.L. Stelinsky and D. G. Hall. 2008 B. Behavioral evidence for a female produced sex attractant in *Diaphorina citri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 128: 450-459.
- Wenninger, E. J. and D. G., Hall. 2008 C. Importance of multiple mating to female reproductive output in *Diaphorina citri*. *Physiological Entomology*. 33: 316-321.
- White, I. M. 1980. Nymphal taxonomy and systematics of the Psylloidea (Insecta: Homoptera). Unpublished PhD. Thesis, Liverpool Polytechnic. 340 pp.
- Yamamoto, P. T.; E. B., Paiva and S., Gravena. 2001. Flutuacao populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na regioao norte do estado de Sao Paulo. *Neotropical Entomology* 30 (1): 165-170
- Yang, Y.; M., Huang; G., Beattie; Y., Xia; G., Ouyang y J., Xiong. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for china. *International Journal of pest management*. 52 (4): 343-352.
- Zhao, X. Y. 1981. Citrus yellow shoot (Huanglongbing) in China: a review. *Proceedings International Society of Citriculture*. 466-469.
- Zhao X. Y. 2006. Huanglongbing in China. Page 3. In: Proceedings of the Huanglongbing Greening Intl. Workshop, Ribeirão Preto, Brazil.

