



El Colegio de la Frontera Sur

Efecto del manejo agronómico y la distancia de la selva sobre
Diaphorina citri Kuwayama y sus enemigos naturales en limón
persa

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Entomología Tropical

Por

Robin Ismael Estrella Pacheco

2018



El Colegio de la Frontera Sur

San Cristóbal de las Casas, Chiapas a 20 de junio de 2018

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

Robin Ismael Estrella Pacheco

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

Efecto del manejo agronómico y la distancia de la selva sobre *Diaphorina citri* Kuwayama y sus enemigos naturales en limón persa

Para obtener el grado de **Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.**

	Nombre	Firma
Directora	Dra. Helda Morales	_____
Asesor	Dr. Darío Alejandro Navarrete Gutiérrez	_____
Asesor	M. en C. Benigno Gómez y Gómez	_____
Sinodal adicional	Dr. José Pablo Liedo Fernández	_____
Sinodal adicional	Dr. Francisco Infante Martínez	_____
Sinodal adicional	Dr. Rémy Vandame	_____

Dedicatoria

A **DIOS** Padre, por estar a mi lado y permitirme tomar las mejores decisiones, sabia e inteligentemente, en el transcurso de mi vida.

A la persona más importante, mi madre, la **Sra. María Angélica Pacheco Balam**, por su apoyo incondicional, consejos, paciencia y confianza. Ha sido mi orgullo y fuerza para continuar, siempre.

A mis hermanas (os): **Fernando, Minerva, Claudia, Jennifer y Jaime Raúl.**

A mi padre, el **Sr. Jaime Núñez.**

A mi abuela, la **Sra. Magdalena Balam**

Mis sobrinos, **Ancel y Sandra.**

A mis familiares y amigos (as), ...

Agradecimientos

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, CONACYT, y a **El Colegio de la Frontera Sur**, ECOSUR, por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios y los conocimientos adquiridos.

A mi directora de tesis, **Dra. Helda Morales**, por el valioso apoyo, tiempo, preocupación, consejos, paciencia y confianza que me brindó hasta el final del trabajo y de mi formación académica.

A mis asesores, **M. en C. Benigno Gómez** y **Dr. Darío Navarrete**, por el valioso apoyo, tiempo, paciencia y recomendaciones que me brindaron para ir mejorando en el trabajo.

A mis sinodales, **Dr. Pablo Liedo**, **Dr. Francisco Infante** y **Dr. Rémy Vandame**, por haberse tomado el tiempo para revisar el escrito y los comentarios acertados que me brindaron.

A los **productores de El Verdón**, Quintana Roo, por la amabilidad, interés, confianza y accesibilidad a sus huertas citrícolas.

A la profesora de la Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo, **M. en C. María Méndez**, por sus sabios consejos y el apoyo que me brindó.

A los catedráticos que formaron parte de mi formación académica.

A mis amigos (as) por la amistad, consejos, alegría y experiencias compartidas durante el estudio de nuestro posgrado. Especialmente, agradezco a Aracely, Laura, Selene, Yesenia, Ana, Santiago, Rolando, Carlos, Gibrán, ...

A mi familia por apoyarme en las decisiones que elijó, sus consejos y confianza.

A mis compañeros (as) de la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Contenido

Resumen	1
Introducción	2
Control biológico	4
Citricultura	5
<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)	5
Biología	5
Daños e importancia económica	7
Hospederos	10
Tácticas de manejo	10
Biología y ecología del parasitoide <i>Tamarixia radiata</i> Waterston	12
Dinámica poblacional de <i>D. citri</i> en México	15
Agentes potenciales de control biológico asociados a <i>D. citri</i> en México	16
Preguntas de investigación	18
Objetivos	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Hipótesis	189
Sitio de estudio	19
Artículo: La matriz selvática, una ventana de oportunidad para el manejo agroecológico de plagas en agroecosistemas cítricos	20
Resumen	21
Introducción	21
Materiales y métodos	22
Área de estudio	22
Manejo agronómico de las huertas de limón	23

Diseño de muestreo	24
Colecta de <i>D. citri</i> y sus enemigos naturales.....	24
Análisis de datos	25
Resultados.....	25
Discusión	31
Conclusiones	33
Referencias	33
Conclusiones generales	37
Literatura citada	38
Anexos	44

Resumen

La abundancia y diversidad de organismos benéficos decrece a mayor distancia del bosque y con prácticas intensivas de manejo. Esto se ha observado con polinizadores en huertas de aguacate y con hormigas en plantaciones de café. Una respuesta similar se ha hipotetizado con *Diaphorina citri* Kuwayama y sus enemigos naturales en sistemas citrícolas asociados a una matriz selvática. Se muestreó 16 huertas de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) de productores cooperantes de El Verdón, Quintana Roo, México; de abril a julio de 2017. Se realizaron con trampas amarillas pegajosas colocadas en transectos cada 10 m en el interior de las huertas. Las trampas permanecieron en campo durante seis días, transcurrido ese periodo, fueron retiradas y se trasladaron a laboratorio para el conteo e identificación. Se registró una alta riqueza de entomófagos asociados a *D. citri* en la región estudiada. Los limonares con árboles jóvenes y el periodo de sequía presentaron una mayor abundancia del insecto plaga. Las áreas citrícolas lejanas a la selva y la eliminación frecuente de la cobertura vegetal (arvenses) en las huertas se relacionó con las altas poblaciones de *D. citri* y la baja densidad de enemigos naturales. La conservación de la vegetación natural y la implementación de corredores naturales en los paisajes agrícolas representa una gran oportunidad para el manejo agroecológico de plagas.

Palabras clave: *Candidatus liberibacter*, huanglongbing, control biológico, Coccinellidae, matriz, ecología de paisaje

Introducción

La agricultura convencional o tecnificada iniciada en la década de los cincuentas durante la revolución verde tuvo como finalidad maximizar los rendimientos agrícolas. Las plantaciones establecidas de gran escala fueron sostenidas con el uso de alta tecnología como la siembra de variedades híbridas en monocultivo, la explotación intensiva de los mantos acuíferos y el uso masivo de fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria pesada. Aunque esta revolución fue ideada para acabar con el hambre, el aumento de la producción de alimentos *per se* no aseguró su distribución global y equitativa (Ceccon 2008). La intensificación agrícola causó a largo plazo otra serie de preocupaciones como la selección de poblaciones de artrópodos resistentes a los plaguicidas, la eliminación de enemigos naturales, la emergencia de nuevos brotes de plaga, la salinización y la erosión (Beloti *et al.* 2015). Los organismos fitófagos se vuelven cada vez más incontrolables, debido a que encuentran en estas áreas de cultivo un microhábitat adecuado y atractivo con abundante recurso alimenticio, succulento y una base genética homogénea que hace más vulnerable el sistema (Zhao *et al.* 2015).

Contrariamente, la diversificación de los cultivos agrícolas ha sido un pilar de la agroecología para el diseño de sistemas alimentarios sustentables, resilientes y estables ecológicamente (Gliessman *et al.* 1998). Bajo la filosofía agroecológica, el manejo de artrópodos se ha enfocado en la prevención y la conservación de la entomofauna benéfica (Paredes *et al.* 2013), mientras que la agricultura convencional ha centrado sus esfuerzos en los organismos “plaga” y su erradicación. La presencia de enemigos naturales en los sistemas diversos resulta fundamental para regular las poblaciones fitófagas y son favorecidas a través de modificaciones en el hábitat para proveerles de recursos alternos como presas, polen y néctar (López *et al.* 2005). En este contexto, Paredes *et al.* (2013) sugieren que el enfoque de conservación de los agentes de control biológico es una alternativa promisorio al uso de insecticidas en cultivos perennes de café, cítrico y otros frutales, debido a que son expuestas a menor grado de perturbación que las especies anuales.

En el ámbito citrícola, se ha descrito cerca de 74 especies de artrópodos entre áfidos, escamas, tisanópteros, minadores, ácaros, cicadélidos, hormigas y psílicos (*Diaphorina citri* Kuwayama, 1908) que pueden afectar las plantaciones en México (Curti *et al.* 2000; León 2012; López *et al.* 2005; Vega y Peña 2002). Actualmente, *D. citri* se ha considerado un insecto de importancia económica para el país por su capacidad de transmitir la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus*, causante del huanglongbing (HLB), una enfermedad asociada a cítricos. Aunque es un organismo exótico se ha observado varios enemigos naturales atacándolo en condiciones de campo (Kondo *et al.* 2015).

El acervo de entomófagos asociados al insecto vector continúa creciendo, pero aún falta conocer la abundancia y diversidad presente en los sistemas citrícolas, así como los factores que condicionan estas variables. En aguacatales, se ha encontrado que el corte infrecuente de las hierbas, el uso de insecticidas de baja toxicidad y la presencia de fragmentos de bosque están relacionadas con una alta diversidad de polinizadores (Villamil *et al.* 2018). En cafetales, Perfecto y Vandermeer (2015) registraron que la diversidad de hormigas está en función de la distancia a la selva, es decir, la diversidad decrece a mayor distancia o viceversa. Resultados similares han sido observados con cicadélidos (Garita *et al.* 2008; Ramos 2008). Estas premisas permiten suponer un dinamismo entre los sistemas agrícolas y las matrices adyacentes o circundantes.

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto del manejo agronómico y la distancia de la selva sobre *Diaphorina citri* y sus enemigos naturales en cultivos de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez). La investigación se llevó a cabo en El Verdón, ejido de Kankabchén, Quintana Roo, México. Como antecedente, a continuación, se hace una revisión de lo que es el control biológico y sus diferentes acepciones, la importancia de la citricultura en México; así como los aspectos biológicos de *D. citri*, el impacto económico de la especie, sus hospederos y los métodos de control. También se hace una revisión del parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 y otros agentes potenciales de control biológico.

Control biológico

El control biológico remonta, quizá, su primer registro con agricultores chinos quienes entendían ampliamente la relación depredador-presa, parasitoide-huésped y utilizaron hormigas depredadoras para regular las poblaciones de insectos que dañaban sus cultivos. Aunque, el caso más exitoso fue atribuido a la introducción deliberada del coccinélido *Rodolia cardinalis* Mulsant, 1850 para controlar la escama algodonosa de los cítricos *Icerya purchasi* Maskell, 1879 en California, Estados Unidos (Rodríguez y Arredondo 2007). Por otro lado, el control biológico se ha definido como la manipulación deliberada de los enemigos naturales y/o su hábitat para estabilizar las poblaciones fitófagas a densidades aceptables (Nicholls 2008). Puede tener diferente enfoque: a) clásico, implica importar enemigos naturales del lugar de origen del insecto plaga (exótico) con fines inoculativos, b) por incremento involucra la identificación, cría, reproducción y liberación masiva de agentes nativos o exóticos que ya están presentes en el agroecosistema, y c) la conservación de la entomofauna benéfica que consiste en establecer prácticas de manejo, modificaciones en el sistema agrícola y sus alrededores para influir positivamente en la permanencia, reproducción y eficiencia de estos organismos (Arredondo 2002).

El enfoque de conservación mencionado se diferencia de las otras propuestas ya que no plantea la liberación de organismos, sino de mejorar las condiciones del agroecosistema buscando estabilizar las interacciones entre los niveles tróficos (planta-herbívoro-enemigos naturales) e incrementar la diversidad de la fauna auxiliar (Paredes *et al.* 2013). Este método ha tomado importancia en plantaciones frutícolas de café y cítrico. Se promueven prácticas de manejo como la eliminación de los pesticidas porque alejan y provocan un gran porcentaje de mortalidad de organismos benéficos. El establecimiento de bancos de proteína, *banker plants*, con leguminosas, poáceas y umbelíferas, ya que los artrópodos en estado adulto requieren de una dieta rica en carbohidratos y proteínas procedentes de nectarios florales, secreciones de otros insectos, presas alternas, polen y néctar. Asimismo, la supresión de hormigas mutualistas que interfieren con los enemigos naturales (Ripa *et al.* 2007).

Citricultura

México es uno de los principales países productores de cítricos a nivel mundial (Schwentenius y Gómez 2005). Ocupa el quinto lugar con 549 mil hectáreas establecidas que producen 7 millones de toneladas anuales de fruta con un valor de 465 millones de dólares. Esto denota su importancia como actividad socioeconómica en el país (García *et al.* 2013). Las principales plantaciones son la naranja dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck), el limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), la mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), la toronja (*Citrus paradisi* Macfad) (Torres *et al.* 2013), y es el primer productor de limón persa o limón sin semilla (*C. latifolia*) en el mundo. La región citrícola está integrada por los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Yucatán, San Luis Potosí y Chiapas donde más del 65 % de la superficie establecida se encuentra en producción. Las exportaciones de la fruta mexicana son realizadas a Francia, Holanda, Inglaterra, Japón y Estados Unidos. A pesar de ser un líder mundial en esta actividad, no está exento de problemas fitosanitarios que ponen en riesgo la producción del país (Curti *et al.* 2000).

***Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**

El psílido asiático de los cítricos, *D. citri* (Hemiptera: Liviidae, antes Psyllidae), habita en climas tropicales y subtropicales (Hall *et al.* 2011). Su distribución mundial incluye regiones de Asia, Estados Unidos, Centroamérica, Brasil, el Caribe (Hall 2008a) y en México, donde está presente en la mayoría de las regiones citricolas del país (Gaona *et al.* 2012; García *et al.* 2013).

Biología

Diaphorina citri presenta una metamorfosis incompleta. Los huevecillos son ovoides, amarillos o anaranjados, situados en pequeñas aberturas o grietas en la parte apical de los brotes tiernos. La cantidad de huevecillos puesto por hembra oscila entre 572 y 748 unidades a 28 °C (Hong y Tsai 2000), la eclosión ocurre a los 2-5 días. El estado ninfal está compuesto por cinco instares, puede durar entre ocho y 17 días. Las ninfas presentan una coloración amarillenta, ojos rojos, aplanadas dorsoventralmente, esbozos

alares y filamentos en el abdomen. En contraste, los adultos son pequeños hemípteros de coloración parduzca que miden aproximadamente 3-4 mm y viven hasta 76 días (Figura 1). La distinción de los machos se basa en la forma de roma de la parte distal del abdomen, mientras que en hembras, la punta está bien definida (Cázares 2014).

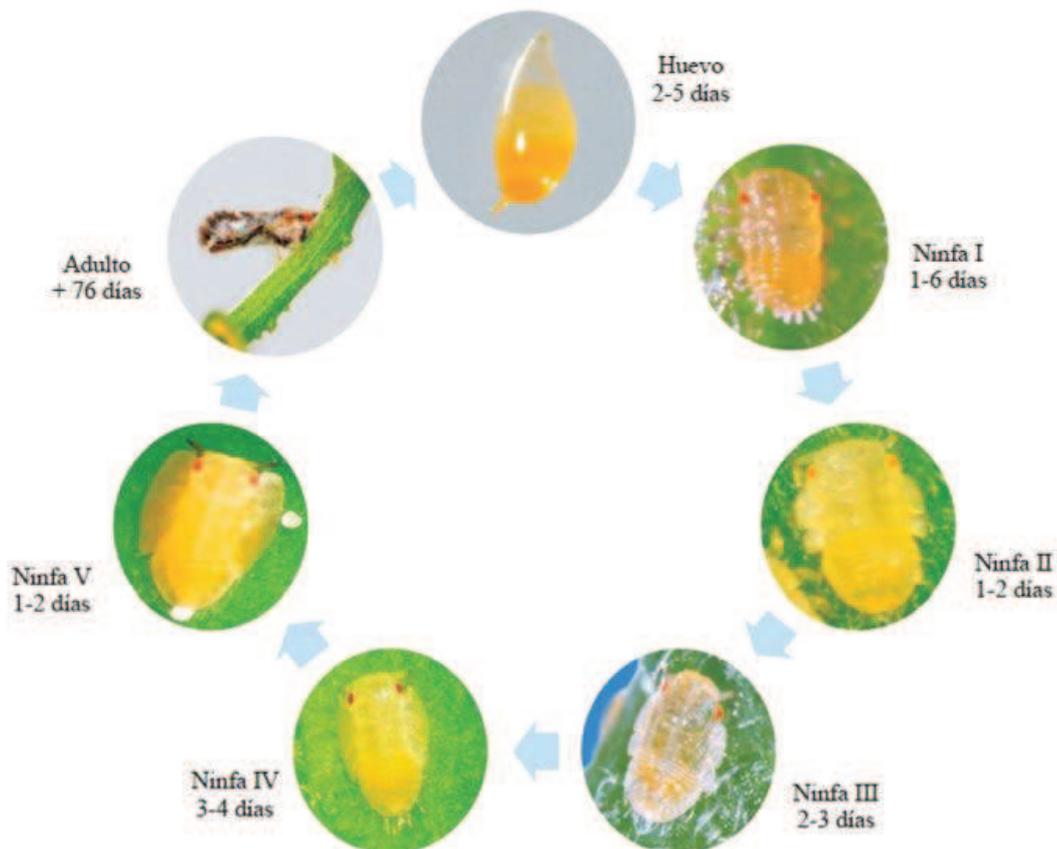


Figura 1. Ciclo biológico de *Diaphorina citri* Kuwayama bajo condiciones de invernadero (García *et al.* 2016).

El ciclo biológico del insecto, de huevecillo a adulto, dura 14.1 días a 28 °C y 49.3 días a 15 °C, logrando alcanzar hasta 30 generaciones por año en presencia de abundante recurso alimenticio. El rango de temperatura de 25-28 °C es ideal para la sobrevivencia de los huevecillos, desarrollo de las ninfas, longevidad y oviposición (Hong y Tsai 2000). En climas cálidos, los adultos pasan la mayor parte de su vida en los brotes tiernos alimentándose, aunque pueden tolerar temperaturas de 16 a 29.6 °C y baja humedad relativa (7-33 %) (Hall *et al.* 2011). Esta capacidad ha sido asociada a la lenta pérdida del

agua neta que presentan (McFarland y Hoy 2000) y la habilidad de aclimatarse con exposiciones constantes a ambientes más fríos (-6 °C) (Hall *et al.* 2011).

La movilidad de los adultos de *D. citri* en el interior de las huertas consiste en saltos a cortas distancias, 3-5 m, mientras que la migración de individuos a huertas más distanciadas, 0.5 a 4 km, requieren de las corrientes de aire y buena capacidad de vuelo. Los desplazamientos ocurren en situaciones de perturbación, poblaciones altas, escaso recurso alimenticio, apareamiento y durante la oviposición (Robles y Delgadillo 2010). Estudios de trampeo sugieren que las poblaciones de este insecto tienen un patrón de distribución agregado en o entre huertas (Barrera *et al.* 2012a).

Daños e importancia económica

Los daños directos ocasionados por *D. citri* proceden de su alimentación. La succión constante de grandes cantidades de savia elaborada en los brotes tiernos debilita a los árboles, reduce el desarrollo foliar, el rendimiento, la calidad de los frutos y facilita la entrada de hongos causantes de la fumagina (McFarland y Hoy 2000; Gaona *et al.* 2012). Además, el insecto es descrito como un vector de *Candidatus liberibacter* spp. (Rhizobiales: Rhizobiaceae) (Barrera *et al.* 2012a), bacteria limitada al floema del hospedero y agente causal de la enfermedad del huanglongbing (HLB) o enverdecimiento de los cítricos.

Actualmente, se ha registrado tres especies de *C. liberibacter* asociadas al HLB en el mundo: *C. liberibacter asiaticus* (Clas), *C. liberibacter americanus* (Clam), *C. liberibacter africanus* (Claf) y, recientemente, se reportó *C. liberibacter caribbeanus* en Colombia, aunque se desconoce si éste tiene relación con el HLB (Figura 2). Estos fitopatógenos pueden ser dispersados no solo por *D. citri* como se ha mencionado, sino también por *Trioza erytreae* del Guercio, 1918 (Hemiptera: Triozidae) (Kondo *et al.* 2015). Pese a esto, en México solo se ha reportado la presencia de *D. citri* y la especie *C. liberibacter asiaticus*. Este vector es capaz de transmitir la bacteria a partir del cuarto ínstar ninfal, una vez que se adquiriera puede ser dispersada durante el ciclo de vida restante (Gaona *et al.*

2012) ya que se puede reproducir en la hemolinfa y las glándulas salivares (Robles y Delgadillo 2010). La dispersión del patógeno es preocupante por los efectos devastadores que se han observado en plantaciones cítricas y en la economía de países que la ha tenido presente, tal es el caso de Cuba y Brasil (Hall *et al.* 2011; Chen y Stansly 2014; Beloti *et al.* 2015).

En México, *C. liberibacter asiaticus* fue registrada en Quintana Roo y Yucatán en 2009 donde se actuó rápidamente para eliminar los árboles infectados (González *et al.* 2012). A pesar de esto, se ha esparcido a otras regiones cítricas donde hay condiciones agroclimáticas favorables, la presencia de un vector eficiente y la disponibilidad de hospedantes susceptibles. Actualmente, se reporta en los estados de Baja California Sur, Campeche, Colima, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Nayarit, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Quintana Roo y Yucatán. El sureste mexicano es considerado de alto riesgo porque reúne los tres elementos mencionados anteriormente para el desarrollo de *D. citri* y de la bacteria, mientras que, el riesgo es bajo para el centro y norte del país (López *et al.* 2013; Torres *et al.* 2013).

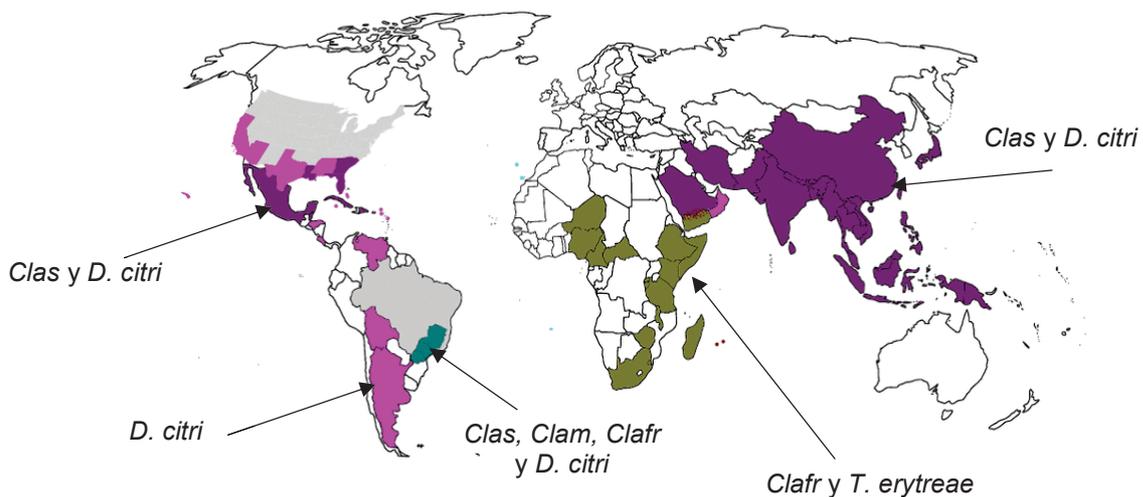


Figura 2. Distribución mundial de las especies de *Candidatus liberibacter* spp.: *C. liberibacter asiaticus* (Clas), *C. liberibacter americanus* (Clam), *C. liberibacter africanus* (Clafr) y los vectores asociados al huanglongbing (National Research Council 2010).

La enfermedad del HLB causa un daño severo en la fisiología de los árboles infectados, es considerada como una muerte regresiva. Los síntomas que se presentan son ramas amarillas en sectores, moteado y clorosis en hojas que suelen confundirse con deficiencias de micronutrientes (zinc, hierro, manganeso, boro), sistema radicular poco desarrollado, enanismo; floraciones atípicas, frutos pequeños, más ácidos, semillas atrofiadas, no viables y la reducción progresiva de la cosecha (Figura 3). La intensidad del daño es mayor en plántulas jóvenes que en árboles adultos, aunque, los factores climáticos condicionan la expresión o no de los síntomas, incidencia y severidad (Robles y Delgadillo 2010). Los árboles enfermos mueren después de los 3 u 8 años de contraer la infección (Sánchez 2011).

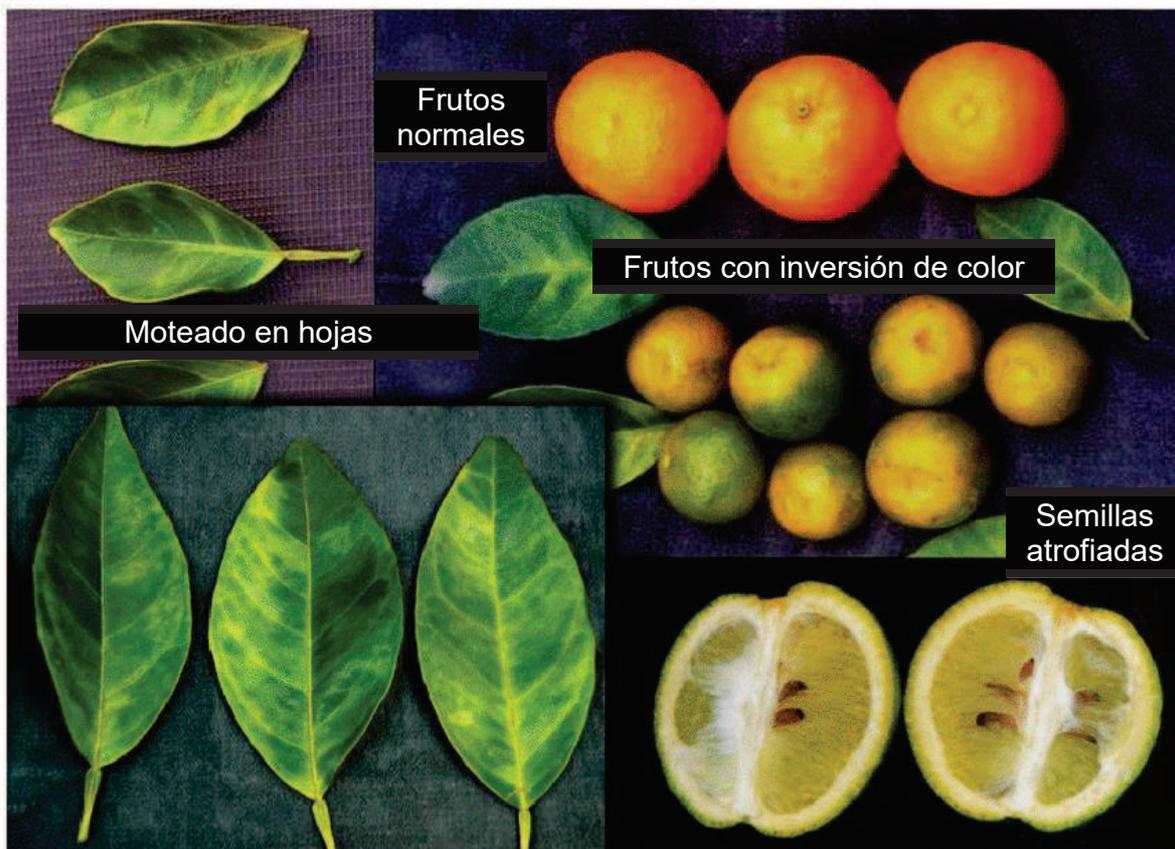


Figura 3. Síntomas asociados a la enfermedad del huanglongbing (HLB) en cítricos (National Research Council 2010)

Hospederos

Diaphorina citri es un fitófago restringido a la familia Rutaceae. Su presencia ha sido registrada en 24 géneros con preferencia hacia *Citrus*, *Murraya Citropsis*, *Severinia*, *Clausenia* y *Fortunella* (Gaona *et al.* 2012). Dentro del género *Citrus*, las especies que han presentado mayor susceptibilidad a la enfermedad del HLB son el limón mexicano (*C. aurantifolia*), la naranja dulce (*C. sinensis*) (Torres *et al.* 2013), la toronja (*C. paradisi*) y la mandarina (*C. reticulata*) (Gaona *et al.* 2012). La limonaria, *Murraya paniculata* (L.) Jack, es una planta ornamental típica en la Península de Yucatán y Chiapas, siendo reportada como una hospedera alterna de *D. citri* en temporadas donde los brotes tiernos escasean en las huertas citrícolas (Tsai *et al.* 2002; Barrera *et al.* 2012b). Fonseca y colaboradores (2007) mencionan que las características fisiológicas y físicas del hospedero juegan un rol importante en el desarrollo del insecto.

Tácticas de manejo

El control del insecto vector involucra diferentes métodos: químico, biológico, cultural, etológico y legal. Los insecticidas químicos han incrementado su demanda en las huertas ante el temor y amenaza latente que representa la dispersión del fitófago y el patógeno (Hall 2008a). Se han establecido para zonas extensas Áreas Regionales de Control (ARCOs) con la finalidad de sincronizar la aplicación de estos productos. Los neonicotinoides, piretroides y/o aceites son los más frecuentes en las plantaciones citrícolas comerciales (Beloti *et al.* 2015). Aunque esto puede resultar atractivo a corto plazo, se ha encontrado que elimina los enemigos naturales. Además, en México y la Florida se han reportado la emergencia de poblaciones de *D. citri* altamente resistentes (Beloti *et al.* 2015). Ante esta situación se evalúan otras alternativas más amigables con el medio ambiente como los bioinsecticidas. Los extractos derivados de ajo (*Allium sativum* L.) y de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) son capaces de reducir las poblaciones del insecto vector (Cázares 2014).

En zonas urbanas, huertas abandonadas, orgánicas y de traspatio, el control biológico clásico ha sido de mayor interés (Sánchez 2011). Este involucra la cría, reproducción y

liberación de agentes exóticos como es el caso del parasitoide, *Tamarixia radiata* (Skelley y Hoy 2004). Aunque dicha táctica es muy reconocida para la supresión de poblaciones fitófagas, McFarland y Hoy (2000) sugieren aprovechar los ecotipos locales de enemigos naturales por su tolerancia, adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas, complementariedad espacial y temporal. Incluso, Reyes *et al.* (2013) han evaluado y encontrado que los organismos nativos pueden ser más efectivos contra *D. citri* a mediano plazo que la aplicación de insecticidas.

Actualmente, la lista de enemigos naturales (depredadores, parasitoides) asociada a *D. citri* en el mundo es extensa y continúa incrementándose (Michaud 2002a). Kondo y colaboradores (2015) reportaron 95 especies benéficas, distribuidas en nueve órdenes y 23 familias, siendo las más diversas: Coccinellidae (38 especies), Chrysopidae (13) y Syrphidae (8). Muchos de estos son capaces de completar su ciclo biológico exitosamente y producir huevecillos fértiles con una dieta a base de *D. citri* (Michaud y Olsen 2004). Una limitante en la efectividad de los entomófagos es la presencia de hormigas mutualistas en las huertas (Michaud 2002a).

Otros agentes de control biológico, encontrados naturalmente en campo, son los hongos entomopatógenos como *Isaria fumosorosea* Wize (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae) (Hall 2008b), *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) (Sánchez 2011) e *Hirsutella* spp. (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) (Ortega *et al.* 2013). Estos microorganismos requieren de alta temperatura (25-32 °C) y humedad relativa en el ambiente mayor al 70 % para desencadenar el proceso infeccioso.

Biología y ecología del parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston

Diaphorencyrtus aligarhensis Shafee, Alam y Agarwal, 1975 (Hymenoptera: Encyrtidae) y *T. radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) se han reportado como los únicos parasitoides primarios asociados a ninfas de *D. citri*. Este último, un ectoparasitoide, fue registrado por primera vez en Asia (McFarland y Hoy 2000) e introducido exitosamente en algunas partes de América. Posee alta capacidad de búsqueda, especificidad, colonización y tasa de parasitoidismo. Son capaces de matar hasta 500 ninfas entre su alimentación y actividad parasítica. Las características mencionadas se han aprovechado para controlar el insecto vector en huertas urbanas y abandonadas cuyas condiciones son de difícil acceso y bajo manejo (Chen y Stansly 2014). Algunas desventajas de estos microhimenópteros es que requieren de alta humedad relativa (>75 %) y temperaturas de 25-30 °C para su establecimiento, situación que puede ser desfavorable en algunas regiones y temporadas con respecto a su hospedero (McFarland y Hoy 2000). Además, el uso de insecticidas puede reducir sus poblaciones (Beloti *et al.* 2015).

El ciclo biológico del parasitoide, de huevecillo a adulto, dura 11.4 días, variando según la temperatura y humedad relativa (Figura 4). Los adultos presentan un cuerpo de color negro brillante, ojos rojos, mancha basal blanquesina apreciable hasta el quinto terguito dorsal, patas blancas, pálidas, antenas con setas y alas transparentes. La morfología de hembras y machos es similar, con excepción de la antena (nueve segmentos con sensilias tricoides) y el abdomen que es más oscuro en los machos (Figura 5). Las hembras pueden localizar los volátiles emitidos por las ninfas mediante sensilias placoides y ponen un promedio de 215 huevecillos durante toda su vida. Las ninfas momificadas presentan una coloración marrón oscuro. Las larvas se alimentan de la hemolinfa de su hospedero hasta convertirse en pupa, mientras que los adultos consumen las secreciones azucaradas que producen los fitófagos (Chen y Stansly 2014).



Figura 4. Ciclo biológico de *Tamarixia radiata* Waterston: A) oviposición, B) huevecillo, C) prepupa, D) pupa, E) adulto, F) abertura donde emergió el parasitoide (Postali *et al.* 2016)

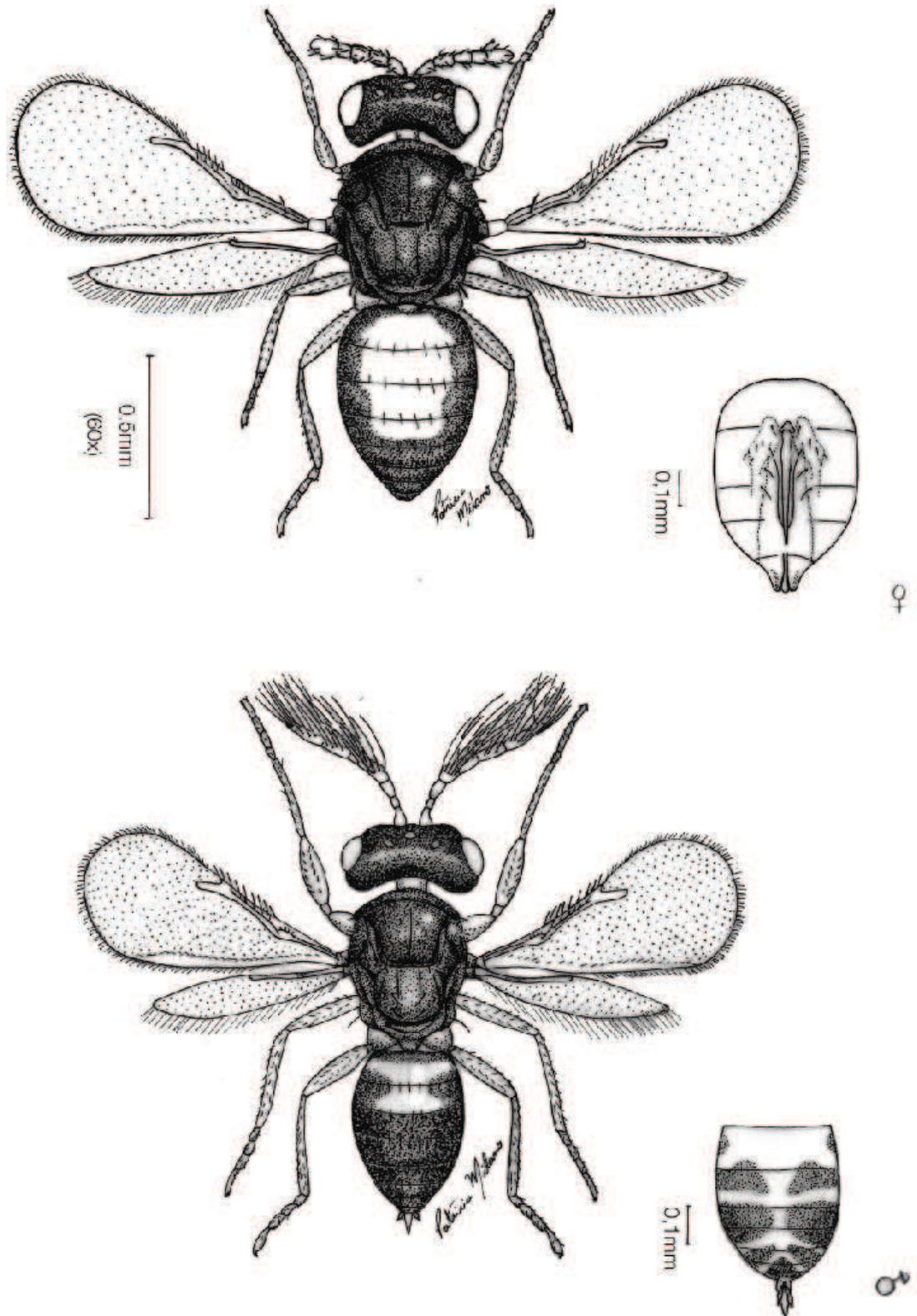


Figura 5. Adultos de *Tamarixia radiata* Waterston: A) hembra, B) macho (Postali *et al.* 2016)

Dinámica poblacional de *D. citri* en México

El monitoreo de *D. citri* se realiza revisando los brotes vegetativos y/o con trampas pegajosas (Hall y Hentz 2010) de color amarillo, verde o naranja (rango de longitud de onda: 495-620 nm) colocadas en las huertas cítricas. Aunque, la coloración amarilla ha registrado mayor eficiencia en la atracción y captura de adultos (Hall *et al.* 2010; Barrera *et al.* 2011). Las altas poblaciones (12.5 adultos por trampa) del insecto son atribuidas a la presencia de brotes nuevos y condiciones favorables (25-28 °C; >75 % HR; ≤150 mm) (Hall *et al.* 2008) de radiación solar, temperatura, velocidad del viento, luminosidad (Hall 2009) y precipitación (Tsai *et al.* 2002; García *et al.* 2013). En las regiones cálidas del trópico, el ciclo biológico del insecto se acorta e incrementa el número de generaciones por año (Hall *et al.* 2011).

En Veracruz, las altas densidades de *D. citri* (10 adultos por trampa) se registraron en los meses de febrero, marzo, abril y julio, mientras que, en agosto y enero, las más bajas. Las precipitaciones intensas (>150 mm) y bajas temperaturas (≤20 °C) se han descrito como las condiciones desfavorables para su desarrollo (Ortega *et al.* 2013). En Tabasco, las capturas máximas del insecto adulto (26 individuos por trampa) se presentaron de marzo a junio, mientras que, en mayo el conteo fue mayor de huevecillos y ninfas (34 huevos y 86 ninfas por brote) asociado a las altas temperaturas (31 °C), presencia de brotes y reducidas precipitaciones (García *et al.* 2013). En Chiapas, Barrera y colaboradores (2012b) reportaron en la región del Soconusco dos picos máximos de captura, mayo-agosto (0.61 diaphorinas por trampa por día DTD) y noviembre-diciembre (0.51 DTD). En la Península de Yucatán se registró en enero precipitaciones “cabañuelas” que favorecen la emergencia de brotes vegetativos y en meses posteriores, la abundancia del insecto plaga (Lozano y Jasso 2012). En general, la precipitación es un factor que favorece directamente la disponibilidad de recurso, brotes nuevos, e indirectamente aumenta las poblaciones de *D. citri*.

Agentes potenciales de control biológico asociados a *D. citri* en México

Los enemigos naturales son considerados potenciales para el control biológico de un insecto plaga cuando poseen un conjunto de atributos como abundancia, respuesta numérica rápida o “denso-dependencia” (Michaud 2001), adaptabilidad, capacidad de búsqueda, manejo (cría, reproducción) en condiciones artificiales, tasa de depredación (voracidad) o parasitoidismo (Michaud y Olsen 2004) y optimización de los recursos alimenticios. Las huertas citrícolas del país poseen una entomofauna auxiliar diversa. Se han descrito coccinélidos (15 especies), neurópteros (7), redúvidos (2), véspidos (2), sírfidos (1), eulóphidos (1) arácnidos (1) y mántidos atacando diferentes estados de *D. citri* (Tabla 1). Los coccinélidos, en especial los coccidófagos nativos (Dixon *et al.* 1997), se consideran agentes potenciales de *D. citri* con una capacidad de supresión considerable (Reyes *et al.* 2013). Algunos géneros importantes son *Cycloneda*, *Olla* y *Harmonia* en Tamaulipas (Reyes *et al.* 2013), *Curinus*, *Chilocorus* e *Hippodamia* en Veracruz (González *et al.* 2012). En regiones citrícolas del sureste, las larvas de neurópteros como *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa* podrían ser las depredadoras más promisorias (Pacheco *et al.* 2015).

Tabla 1. Enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* Kuwayama en México (Kondo *et al.* 2015)

Orden	Familia	Especie
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Arawana</i> sp.
		<i>Azya orbiger</i> Mulsant, 1850
		<i>Brachiacantha</i> sp.
		<i>Chilocorus cacti</i> L., 1767
		<i>Chilocorus stigma</i> Say, 1835
		<i>Curinus coeruleus</i> Mulsant, 1850
		<i>Cycloneda sanguinea</i> L., 1763
		<i>Delphastus</i> sp.
		<i>Hippodamia convergens</i> Guerin Meneville, 1842
		<i>Hyperaspis</i> sp.
		<i>Nephus</i> sp.
		<i>Olla v-nigrum</i> Mulsant, 1866
		<i>Pentilia</i> sp.
		<i>Scymnus</i> sp.
		<i>Zagloba</i> sp.
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i> Schneider, 1851
		<i>Ceraeochrysa cubana</i> Hagen, 1861
		<i>Ceraeochrysa claveri</i> Navás, 1911
		<i>Ceraeochrysa valida</i> Banks, 1895
		<i>Ceraeochrysa everes</i> Banks, 1920
		<i>Chrysoperla rufilabris</i> Burmeister, 1839
		<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens, 1836
Hemiptera	Reduviidae	<i>Zelus longipes</i> L., 1767
		<i>Zelus renardii</i> Kolenati, 1857
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta obliqua</i> Say, 1823
Hymenoptera	Vespidae	<i>Brachygastra mellifica</i> Say, 1837
		<i>Polybia</i> sp.
Araneae	Eulophidae	<i>Tamarixia radiata</i> Waterston, 1922
	Salticidae	<i>Lyssomanes</i> sp.
Mantodea	Mantidae	

Preguntas de investigación

¿Cuáles de los enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* Kuwayama están presentes en las huertas cítricas de Quintana Roo?

¿En qué temporada climática es más abundante el insecto vector y sus enemigos naturales? ¿La etapa fenológica del limón persa influye en la abundancia de *D. citri* y sus enemigos naturales?

¿Cómo influyen las labores culturales del citricultor en la abundancia de *D. citri* y la diversidad de los enemigos naturales presentes en las huertas?

¿La matriz selvática que embebe a las huertas de limón persa tiene algún efecto en la abundancia de *Diaphorina citri* Kuwayama y sus enemigos naturales?

Objetivos

Objetivo general

Analizar el efecto del manejo agronómico y la distancia de la selva sobre *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) y sus enemigos naturales en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).

Objetivos específicos

1. Describir la riqueza y abundancia de enemigos naturales presentes en las huertas estudiadas de limón persa.
2. Comparar la abundancia del insecto vector *D. citri* y de sus enemigos naturales según la temporada climática (seca, lluvia) y la edad del cultivo (huertas jóvenes, adultas).
3. Comparar la abundancia de *D. citri* y sus enemigos naturales en huertas de limón con diferente intensidad en el manejo agronómico (manejo bajo, alto).
4. Comparar la abundancia de los artrópodos estudiados a diferentes distancias de la selva (m).

Hipótesis

1. Los agroecosistemas cítricos estudiados tienen una alta riqueza y diversidad de enemigos naturales.
2. Las prácticas intensivas favorecen una mayor abundancia del insecto vector, no así, la diversidad de sus enemigos naturales.
3. Las huertas cítricas cercanas a la matriz selvática presentan una mayor diversidad de enemigos naturales y menor abundancia del insecto plaga.

Sitio de estudio

El trabajo se realizó en 16 huertas de limón persa (*C. latifolia*; 31 ha) ubicadas en la zona denominada “El Verdón”, un parche agrícola de aproximadamente 659 hectáreas, inmersa en una matriz de selva mediana. Pertenece al ejido de Kankabchén, municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México. El paisaje agrícola presente está compuesto por un mosaico heterogéneo de coberturas: cultivos anuales de temporal y de riego, frutales, vegetación secundaria, parcelas en descanso, pastos, corredores de árboles y caminos de terracería. Es una zona altamente productiva.

Artículo sometido para publicación en la revista, *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (<http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/index>)

LA MATRIZ SELVÁTICA, UNA VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA EL MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS EN AGROECOSISTEMAS CITRÍCOLAS

THE TROPICAL FOREST MATRIX, A WINDOW OF OPPORTUNITY FOR THE AGROECOLOGICAL MANAGEMENT OF PESTS IN CITRUS AGROECOSYSTEMS

Robin Ismael Estrella Pacheco¹, Helda Morales^{1*}, Benigno Gómez y Gómez² y Darío Alejandro Navarrete Gutiérrez³

¹Depto. de Agricultura, Sociedad y Ambiente. ²Depto. de Conservación de la Biodiversidad, ³Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística. El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N, C.P. 29290, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Correo: riestrella@ecosur.edu.mx, hmorales@ecosur.mx, bgomez@ecosur.mx, dnavarre@ecosur.mx.

*Autor de correspondencia

RESUMEN

La abundancia y diversidad de organismos benéficos decrece a mayor distancia del bosque y con prácticas intensivas de manejo. Esto se ha observado con polinizadores en huertas de aguacate y con hormigas en plantaciones de café. Una respuesta similar se ha hipotetizado con *Diaphorina citri* Kuwayama y sus enemigos naturales en sistemas citrícolas asociados a una matriz selvática. Se muestrearon 16 huertas de limón persa de productores cooperantes de El Verdón, Quintana Roo, México; de abril a julio de 2017. Las colectas fueron realizadas con trampas amarillas pegajosas. Se registró una alta riqueza de entomófagos asociados a *D. citri* en la región estudiada. Los limonares con árboles jóvenes y el periodo de sequía presentaron una mayor abundancia del insecto plaga. Las áreas citrícolas lejanas a la selva y la eliminación frecuente de la cobertura vegetal (arvenses) en las huertas se relacionó con las altas poblaciones de *D. citri* y la baja densidad de enemigos naturales. La conservación de la vegetación natural y la implementación de corredores naturales en los paisajes agrícolas representa una gran oportunidad para el manejo agroecológico de plagas.

Palabras clave: *Candidatus*, huanglongbing, control biológico, Coccinellidae, matriz, ecología del paisaje.

SUMMARY

The abundance and diversity of beneficial organisms decreases further away from the forest of natural vegetation and with intensive management practices. This has been observed with pollinators in avocado orchards and with ants in coffee plantations. A similar response has been hypothesized with *Diaphorina citri* Kuwayama and its natural enemies in citrus agroecosystems associated with a tropical forest matrix. Sixteen persian lime orchards were sampled from cooperating producers of El Verdon, Quintana Roo, Mexico; from April to July 2017. Collections were made with yellow sticky traps. A high richness of entomophages associated to *D. citri* was registered in the studied region. The persian lime orchards with young trees and the dry season showed a higher abundance of the insect pest. The citrus areas far from the tropical forest matrix and the frequent removal of the vegetation cover (weeds) in the orchards were related to the high populations of *D. citri* and the low density of natural enemies. The conservation of natural vegetation and the implementation of natural corridors in agricultural landscapes represents a great opportunity for the agroecological management of pests.

Keywords: *Candidatus*, huanglongbing, biological control, Coccinellidae, matrix, landscape ecology.

INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional o tecnificada iniciada en la década de los cincuentas durante la revolución verde tuvo como finalidad maximizar los rendimientos agrícolas. Las plantaciones establecidas de gran escala fueron sostenidas con el uso de alta tecnología como la siembra de variedades híbridas en monocultivo, la explotación intensiva de los mantos acuíferos y el uso masivo de fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria pesada. Aunque esta revolución fue ideada para acabar con el hambre, el aumento en la producción de alimentos *per se* no aseguró su distribución global y equitativa (Cecon, 2008). La intensificación agrícola causó a largo plazo otra serie de preocupaciones como

la selección de organismos resistentes a los pesticidas, la eliminación de enemigos naturales, la emergencia de nuevos brotes de plaga, la salinización y la erosión (Beloti *et al.*, 2015). El ataque de herbívoros se vuelve un problema serio en este tipo de sistemas debido a que encuentran un microhábitat atractivo con abundante recurso alimenticio, succulento y una base genética homogénea (Zhao *et al.*, 2015).

Contrariamente, la diversificación de los cultivos agrícolas ha sido un pilar de la agroecología para el diseño de sistemas alimentarios sustentables, resilientes y estables ecológicamente (Gliessman *et al.*, 1998). Bajo el concepto agroecológico, el manejo de artrópodos se ha enfocado en la prevención y la conservación de la entomofauna benéfica (Paredes *et al.* 2013), mientras que la agricultura convencional ha centrado sus esfuerzos en los organismos “plaga” y su erradicación. La presencia de enemigos naturales en los sistemas con alta diversidad vegetal resulta fundamental para regular las poblaciones fitófagas y son favorecidas a través de modificaciones en el hábitat para proveerles de recursos alternos como presas, polen y néctar (López *et al.*, 2005). Dado este contexto, Paredes *et al.* (2013) sugieren que la conservación de los agentes de control biológico es una alternativa promisorio al uso de insecticidas en huertas frutícolas debido a que son expuestas a menor grado de perturbación que los cultivos anuales.

México es productor y exportador de diversas frutas, destacando en cítricos, mangos y aguacates. En el ámbito cítrico ocupa el quinto lugar a nivel mundial, aunque es un país líder, no está exento de problemas fitosanitarios. Se han descrito cerca de 74 especies de artrópodos entre áfidos, escamas, tisanópteros, minadores, ácaros, cicadélidos, hormigas y psílidos (*Diaphorina citri* Kuwayama, 1908) que pueden afectar éstas plantaciones (Curti *et al.*, 2000; López *et al.*, 2005). Actualmente, *D. citri* se ha considerado un insecto de importancia económica para el país por su capacidad de transmitir la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus* causante del huanglongbing (HLB), una enfermedad devastadora asociada a cítricos. El control químico del vector ha sido el método más recurrente y las liberaciones del parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston, 1922. Aunque el organismo es exótico también se ha observado varios enemigos naturales atacándolo en condiciones de campo (Kondo *et al.*, 2015), lo que representa una gran oportunidad para el control biológico de conservación.

El acervo de entomófagos asociados a *D. citri* continúa creciendo, pero aún falta conocer la abundancia y diversidad presente en los sistemas cítricos, así como los factores que condicionan estas variables. En huertas de aguacate se ha encontrado que el corte infrecuente de las hierbas, el uso de insecticidas de baja toxicidad y la presencia de fragmentos de bosque están relacionadas con una alta diversidad de polinizadores (Villamil *et al.*, 2018). En cafetales, Perfecto y Vandermeer (2015) registraron que la diversidad de hormigas está en función de la distancia a la selva, es decir, la diversidad decrece a mayor distancia o viceversa. Resultados similares han sido observados con cicadélidos (Garita *et al.*, 2008; Ramos, 2008). Estas premisas permiten suponer un dinamismo entre los cultivos agrícolas y las matrices adyacentes o circundantes. El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto del manejo agronómico y la distancia de la selva sobre *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) y sus enemigos naturales en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la zona denominada “El Verdón” localizada en las coordenadas 19.68° de latitud N y -89.00° de longitud O. Pertenece al ejido de Kankabchén, municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México (Figura 1). Esta región presenta una fisiografía con lomeríos compuesta por paisajes de *kárst* y una altitud promedio de 21 m. Edafológicamente, está integrada por suelos rojos (oxisol: chak lu`um, k`aankab) con alto contenido de arcilla, escasa materia orgánica y, suelos negros (vertisol: box lu`um). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w), la variación isothermal promedio oscila entre 25-28 °C y alcanza hasta los 1200 mm de precipitación pluvial acumulada al año (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014).

El Verdón es un parche de aproximadamente 659 hectáreas inmersa en una matriz de selva. El paisaje agrícola puede considerarse de tipo variegado, caracterizado por un mosaico heterogéneo de coberturas. Está compuesto por huertas con cultivos anuales de temporal y de riego, frutales, vegetación secundaria (*Leucaena leucocephala* Lam. y arbustos), parcelas en descanso (pastizales, leguminosas de crecimiento espontáneo), pastos cultivados de corte, corredores de árboles y caminos de terracería. Las plantaciones cítricas (*Citrus* spp.) son predominantes, aunque temporalmente puede observarse cultivos de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.), calabaza (*Cucurbita* spp.), sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), piña (*Ananas comosus* L. Merr.), papaya

(*Carica papaya* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), cacahuete (*Arachis hypogaea* L.), jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban), camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) y plátano (*Musa* spp.). Es una zona altamente productiva y diversa. La vegetación de la región es descrita como selva mediana (perennifolia, subperennifolia) y alta (subperennifolia). Las especies arbóreas comunes son: chicozapote (*Manilkara zapota* L. van Royen), Chakaj (*Bursera simarruba* L. Sarg.), Chechem (*Metopium brownei* Jack Urb.), yaax nik (*Vitex gaumeri* Greenm), tsalam (*Lysiloma bahamense* Beth) y jabin (*Piscidia communis* Blake). La hidrografía está integrada por cenotes, aguadas y lagunas. La presencia de litorales y corrientes superficiales de agua es nula (INEGI, 2016).

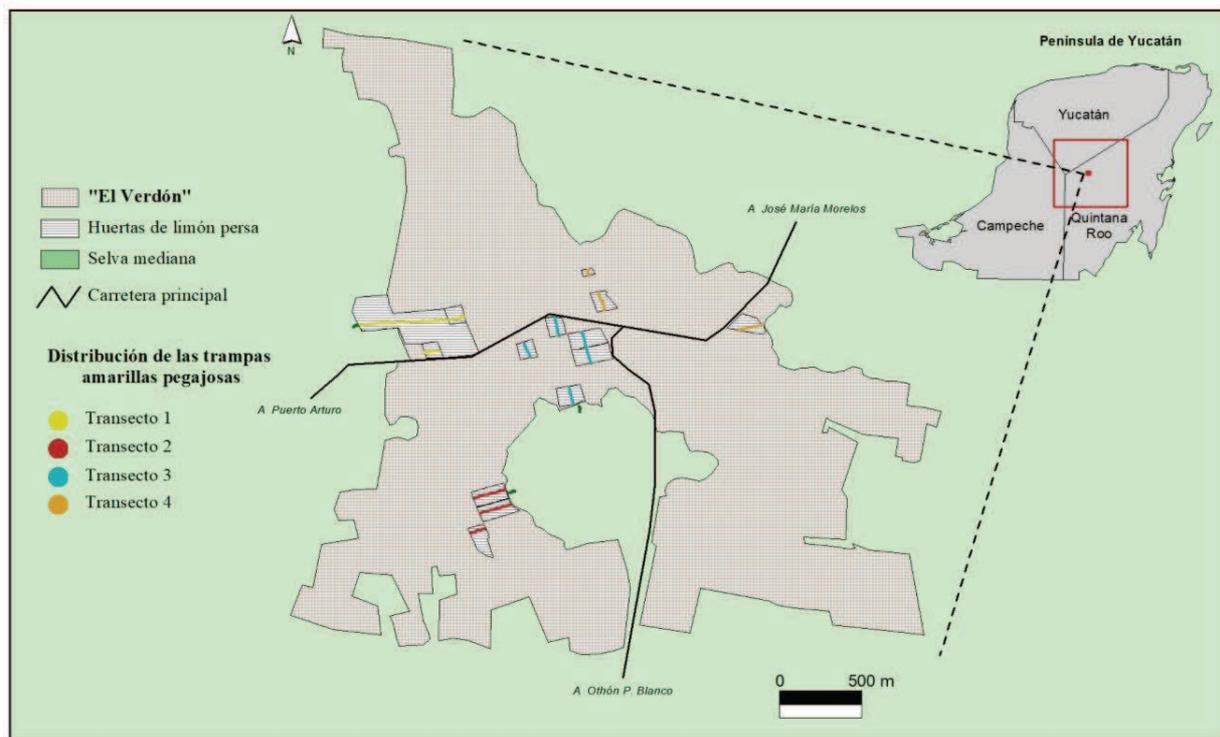


Figura 1. Mapa de ubicación del mecanizado “El Verdón” y distribución de las trampas amarillas pegajosas en las huertas muestreadas de limón persa, José María Morelos, Quintana Roo, México.

Manejo agronómico de las huertas de limón

Se realizaron recorridos de campo y entrevistas a los productores cooperantes. El marco de siembra empleado para el cultivo de limón es de 6m x 6m, con un estimado de 256 árboles.ha⁻¹. Las principales labores culturales que se identificaron fueron: el trasplante de plántulas injertadas o patrones durante la temporada de lluvia, la fertilización sintética, la poda, la aplicación de pesticidas (herbicidas, insecticidas, acaricidas, fungicidas), el deshierbe y el riego (Tabla 1). Los citricultores consideraron plaga a los áfidos, aleyrodidos, escamas, tisanópteros, minadores, ácaros, picudos, hormigas y el psílido asiático de los cítricos. Estos afectan el rendimiento, calidad de la fruta, floración y pueden ser vectores de enfermedades causadas por bacterias y virus. La abundancia de herbívoros y sus daños tienden a incrementarse en el periodo de seca, paralelamente, también aumenta el empleo de productos químicos por parte del productor. Asimismo, el precio de la fruta en el mercado local repunta a un valor promedio de \$600 pesos por caja de 20 kg en estos meses, lo que favorece la inversión en insumos y mano de obra. Las parcelas en producción tienen aplicaciones frecuentes de insecticidas y acaricidas durante todo el año. Finalmente, no se debe olvidar, el agua un recurso indispensable y determinante en el rendimiento, dado esto, todas las huertas muestreadas cuentan con un sistema artificial (microaspersión, gravedad). La frecuencia de riego varía según el tipo de sistema (cada 3-7 días) y la etapa fenológica.

Tabla 1. Características de las huertas cítricas estudiadas, El Verdón, Quintana Roo.

Edad del cultivo	Parcela	Transecto	Superficie ha ⁻¹	Manejo de arvenses	Poda	Fertilización	Riego	Control de artrópodos
Adulta (≥ 7 años)	2-A	T1	8.0 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión	Alto
	5-A	T2	2.0 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión, Gravedad	Alto
	6-A	T2	1.0 ha	Bajo	Ligera	Bajo	Microaspersión, Gravedad	Bajo
	7-A	T2	1.0 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión, Gravedad	Alto
	10-A	T3	2.0 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión	Alto
	11-A	T3	2.0 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión Gravedad	Alto
	12-A	T3	2.0 ha	Bajo	Profunda	Bajo	Microaspersión, Gravedad	Bajo
	13-A	T3	1.0 ha	Alto	Ligera	Alto	Microaspersión	Alto
	15-A	T4	0.5 ha	Bajo	Ligera	Bajo	Microaspersión	Bajo
16-A	T4	1.5 ha	Alto	Profunda	Alto	Microaspersión	Alto	
Joven (≤ 6 años)	1-J	T1	4.0 ha	Alto	Ligera	Alto	Microaspersión	Alto
	3-J	T1	1.0 ha	Alto	Ligera	Alto	Microaspersión	Alto
	4-J	T1	1.0 ha	Bajo	Ligera	Bajo	Microaspersión	Bajo
	8-J	T2	1.5 ha	Bajo	Ligera	Bajo	Microaspersión	Bajo
	9-J	T3	1.0 ha	Alto	Ligera	Alto	Microaspersión	Alto
	14-J	T4	1.5 ha	Bajo	Ligera	Bajo	Gravedad	Bajo

Manejo de las arvenses: alto) Aplicación frecuente de herbicidas, completamente sin cobertura vegetal, ≥ tres tipos de herbicidas empleados. Bajo) Combinación del uso de herbicidas y limpieza manual, presencia de arvenses, ≤ dos tipos de herbicidas.

Poda: profunda) Eliminación de ramas más gruesas para estimular la formación de brotes nuevos, floración y rejuvenecimiento (posterior a la cosecha). Ligera) Eliminación de brotes secundarios "chupones", este tipo de poda tiene la función de formación y mantenimiento del árbol.

Fertilización: alto) Aplicación de fertilizantes foliares (solo adultas) y sólidos, > 100 kg/ha. Bajo) Fertilizantes sólidos, < 100 kg/ha.

Control de artrópodos: alto) Aplicación frecuente de insecticidas, acaricidas; el productor establece un programa de aplicaciones (preventivo y control), ≥ cuatro tipos de productos. Bajo) La aplicación de insecticida se realiza cuando sea necesario (control), no hay un programa, ≤ tres tipos de productos.

Diseño de muestreo

Se estima que la superficie sembrada de limón en el Estado oscila en 1339 ha, de las cuales, 830 están registradas en el municipio de José María Morelos (580 ha con riego y 250 de temporal) (INEGI, 2014). La zona mecanizada de El Verdón cuenta con 232 ha de este cultivo (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de la Zona Maya de Quintana Roo 2017, datos no publicados). Considerando lo anterior, el presente estudio se llevó a cabo en 16 huertas de limón persa (31 ha) con productores cooperantes. La distancia de vuelo que alcanzan los adultos de *D. citri* fue considerada para seleccionar las parcelas y la separación de las trampas. Estos fitófagos son capaces de desplazarse, 3-5 m, en el interior del cultivo cuando son perturbadas, mientras que la migración de individuos a huertas más distanciadas, 0.5-4.0 km, requieren de fuertes corrientes de viento y buena capacidad de vuelo (Robles y Delgadillo, 2010). Los transectos delimitados y las parcelas que las integran se consideraron independientes al tomar en cuenta el rango mínimo de desplazamiento del insecto (500 m). Aunque, la accesibilidad del productor es un factor que también influyó en la elección y distribución de las huertas. La técnica de muestreo aplicada fue estratificado-sistemático, considerando, la edad del cultivo y la distancia a la selva (m). La colecta de insectos se realizó por una semana en cada mes (Hall y Hentz, 2010) durante abril, mayo (temporada de seca) y julio (lluvias) de 2017. En este último periodo (agosto) se decidió no realizar otro muestreo por la baja presencia del insecto plaga en campo.

Colecta de *D. citri* y sus enemigos naturales

La captura de adultos de *D. citri* se realizó con trampas amarillas comerciales *Feromnis Group* con adherente en ambos lados (281.8 cm²) (Barrera *et al.*, 2011; Hall y Hentz, 2010). En cada huerta se delimitó un transecto lineal en la parte media. En huertas con árboles jóvenes (HJ) la longitud del transecto alcanzado fue de 600 m y en las adultas de 500 m (HA). Se tomó como referencia de inicio para la medición, el borde de la selva (0 m) (López *et al.*, 2013; Nicholls *et al.*, 2001; Perfecto y Vandermeer, 2002; Raj *et al.*, 2009). Las trampas fueron colocadas cada 10 m en la copa de los árboles de limón a una altura promedio de 1.2 -1.7 m por la movilidad y la actividad de los insectos (García

et al., 2013). Las dos caras con pegamento fueron expuestas en campo durante seis días (Hall y Hentz, 2010), tiempo estimado para reducir la pérdida de muestras por descomposición. Transcurrido ese periodo, fueron retiradas y envueltas con papel *glassine* para evitar que se peguen y se dañen los insectos. Las muestras se trasladaron a laboratorio donde se identificaron y contabilizaron (Barrera *et al.*, 2012a), las observaciones se realizaron con un microscopio estereoscópico. Lo que respecta a los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) capturados en las trampas, éstos fueron identificados taxonómicamente con base en los caracteres morfológicos externos (Chen y Stansly, 2014; Lomeli *et al.*, 2010; Romero, 1988) y contabilizados por familia o especie. Los ejemplares en buenas condiciones se retiraron y colocaron en frascos debidamente etiquetados con alcohol al 80 % para su conservación (Marín, 1990). También se realizaron colectas casuales de enemigos naturales con aspirador entomológico. Se consideró como entomofauna benéfica solo la asociada y reportada para *D. citri* (Kondo *et al.*, 2015).

Análisis de datos

Las variables analizadas fueron los conteos de *D. citri* (Barrera *et al.*, 2012a) y de enemigos naturales capturados en las trampas pegajosas por familia o especie, edad del cultivo (huerta joven HJ, huerta adulta HA), mes de colecta: abril, mayo (seca), julio (lluviosa) y, manejo agronómico de las huertas (control de arvenses, fertilización sintética, poda y el uso de pesticidas). Las transformaciones aplicadas al conjunto de datos (logaritmo natural, logaritmo base 10, raíz cuadrada) y la eliminación de valores extremos no lograron ajustar a una distribución normal (prueba de Kolmogorov Smirnov), atribuido a los abundantes conteos con cero individuos o valores muy altos. Se aplicaron pruebas no paramétricas. Los datos de conteo y la comparación entre los factores evaluados se analizaron con la prueba de Kruskal Wallis ($\alpha = 0.05$) (González *et al.*, 2012). Las correlaciones de Spearman ($\alpha = 0.05$) fueron realizadas para evaluar el efecto de la distancia de la selva (m) en el promedio de insectos por trampa (Martínez *et al.*, 2009). Los análisis se llevaron a cabo en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21.

La diversidad de enemigos naturales asociada a *D. citri* fue determinada con el número efectivo de especies, derivada de las series de Hill 0D , 1D y 2D . Se utilizaron los valores de captura de las trampas pegajosas y de las colectas manuales. 0D es el equivalente a la riqueza de especies, cuyo valor no es afectado por la abundancia de los organismos. 1D corresponde al exponente del índice de Shannon y representa la abundancia de especies en una comunidad. En contraste, 2D es el inverso del índice de Simpson, se interpreta como las especies dominantes en la comunidad (Moreno *et al.*, 2011). Estos análisis se calcularon con el paquete iNEXT (Chao *et al.*, 2016) y PAST Paleontological Statistics 3.16 (Hammer y Harper, 2017).

RESULTADOS

Enemigos naturales asociados a *D. citri* presentes en la región citrícola estudiada

Este trabajo registró que los limonares resguardan enemigos naturales de *D. citri* de diversos taxones. Los coccinélidos fueron los depredadores más representativos con 21 especies identificadas, pertenecientes a nueve géneros: *Brachiacantha* (4 especies), *Chilocorus* (4), *Cycloneda* (1), *Hippodamia* (1), *Hyperaspis* (2), *Nephus* (3), *Olla* (1), *Psyllobora* (1) y *Scymnus* (4) (Figura 2). Entre estos, *Scymnus* resultó ser el género más dominante con el 35.8 - 69.3 % de la de abundancia total por estrato de edad, muy por debajo se encuentra *Hippodamia* (1.4 %) y *Nephus* (1.6 %). El resto de coccinélidos apenas alcanzó el 0.02 - 0.40 %. Las comparaciones realizadas entre las familias de enemigos naturales mostraron que Coccinellidae (40.2 - 69.8 %) y Eulophidae (23.4 - 47.9 %) fueron las más frecuentes, seguido de Araneae (6.1 %), Anthocoridae (4.2 %) y Hemerobiidae (0.63 %). Las otras familias entomófagas presentaron abundancias menores al 0.5 % (Tabla 2). La mayoría de los enemigos naturales fue observada atacando o consumiendo algún estado de *D. citri*, con excepción de los antocóridos y neurópteros. La presencia de hormigas en las huertas también resultó relevante porque parecen establecer una relación mutualista con las ninfas fitófagas.

Abundancia de *D. citri* y sus enemigos naturales según la temporada climática y la edad del cultivo

Los resultados del muestreo realizado indicaron que las mayores capturas de *D. citri* se presentaron en la temporada de seca, representada por los meses de abril y mayo ($\bar{x} = 12.6$; 8.3 insectos por trampa), mientras que su población disminuyó marcadamente en el mes de julio ($\bar{x} = 1.6$). Esta diferencia significativa fue corroborada en la prueba de Kruskal Wallis ($\chi^2_{0.05, 2} = 166.90$, $P = 0.0001$). Contrastando por estrato de edad, se encontró que las huertas con árboles jóvenes (HJ) ($\bar{x} = 12.2$) tuvieron una mayor cantidad de insectos plaga por trampa que las huertas adultas (HA) ($\bar{x} = 4.7$), esta variación también fue verificada en la prueba estadística aplicada ($\chi^2_{0.05, 1} = 105.69$, $P = 0.0001$). En lo

que corresponde a los enemigos naturales, se registró que *T. radiata* tuvo mayor captura en la temporada de seca ($\bar{x} = 14.6$) y menor en el periodo lluvioso ($\bar{x} = 0.1$); ($\chi^2_{0.05, 2} = 293.93, P = 0.0001$). Las huertas jóvenes ($\bar{x} = 7.9$) presentaron más de estos parasitoides que las adultas ($\bar{x} = 4.4$) (Figura 3A, B, C). Estos resultados coincidieron con las abundancias de *D. citri*, su único hospedero.

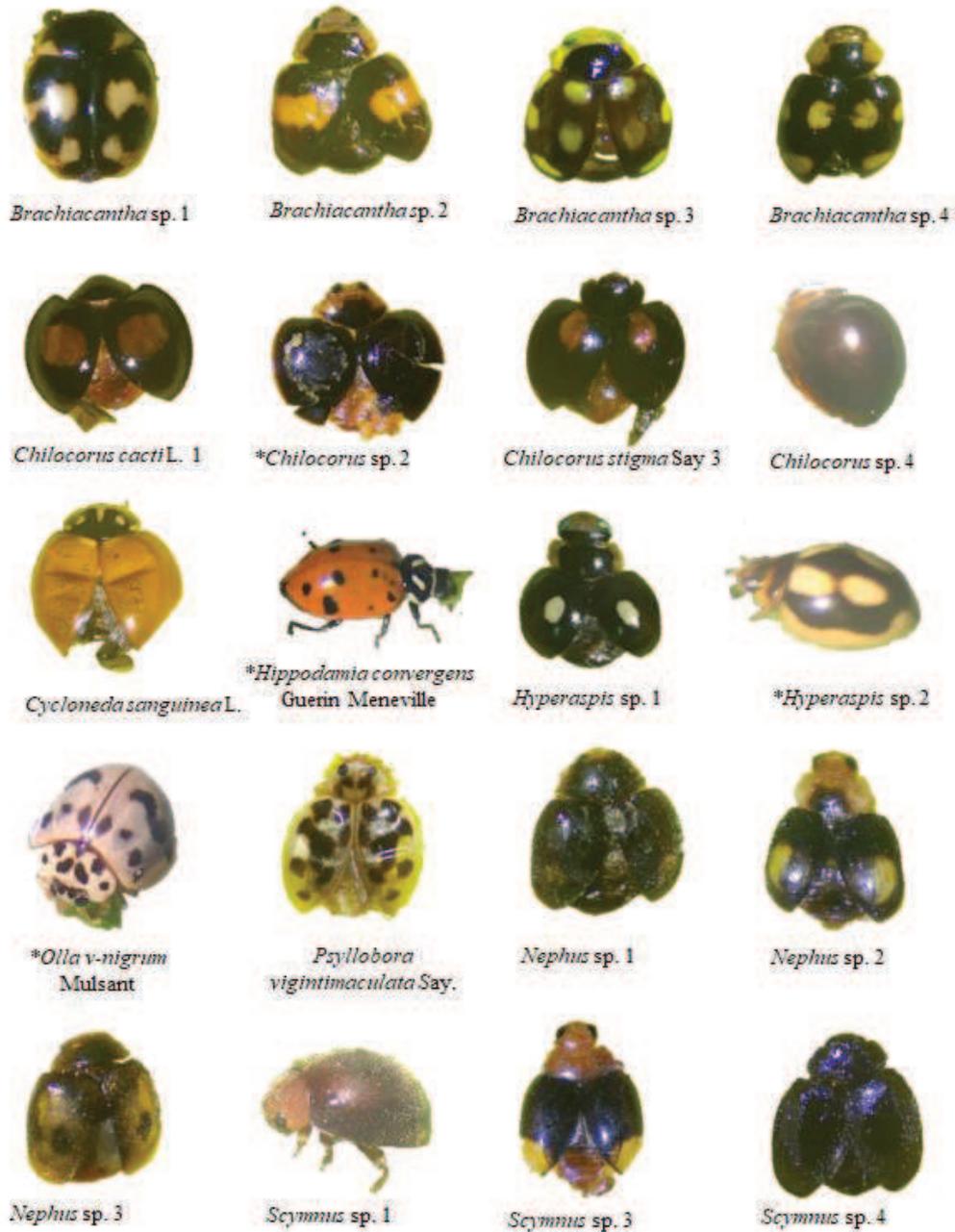


Figura 2. Coccinelo fauna encontrada en 16 huertas de limón persa muestreadas en El Verdón, Quintana Roo. Los ejemplares fueron capturados con trampas amarillas pegajosas (n = 602 trampas) y los que están señalados con asterisco representan capturas manuales.

Tabla 2. Abundancia relativa (%) de enemigos naturales colectados en huertas de limón persa por estrato de edad y mes de muestreo, El Verdón, Quintana Roo, 2017.

Estrato de edad Mes de muestreo Familia/ Especie	Huertas adultas				Huertas jóvenes			
	Abril	Mayo	Julio	Σ SUMA	Abril	Mayo	Julio	Σ SUMA
	Abundancia relativa (%)				Abundancia relativa (%)			
Araneae	1.64	1.35	2.04	5.04	1.05	2.66	2.45	6.16
Anthocoridae	0.18	0.49	0.05	0.72	0.71	3.16	0.37	4.24
Coccinellidae	37.26	24.48	8.08	69.82	21.37	12.82	6.04	40.23
<i>Brachiacantha</i> sp. 1	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Brachiacantha</i> sp. 2	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Brachiacantha</i> sp. 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
<i>Brachiacantha</i> sp. 4	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	0.06	0.03	0.09
<i>Chilocorus cacti</i> L. 1	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chilocorus</i> sp. * 2	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chilocorus stigma</i> Say 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.06
<i>Chilocorus</i> c.f. <i>nigritus</i> F. 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.34
<i>Cycloneda sanguinea</i> L.	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hippodamia convergens</i> Guerin Meneville *	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.46
<i>Hyperaspis</i> sp. 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03
<i>Hyperaspis</i> sp. * 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06
<i>Nephus</i> spp. 1, 2	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	0.22	0.06	0.28
<i>Nephus</i> sp. 3	0.05	0.06	0.17	0.28	0.03	0.06	1.24	1.33
<i>Olla v-nigrum</i> Mulsant *	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.40
<i>Psyllobora vigintimaculata</i> Say	0.03	0.00	0.00	0.03	0.15	0.06	0.06	0.28
<i>Scymnus</i> sp. 1	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Scymnus</i> sp. 2	0.03	0.02	0.22	0.26	0.03	0.06	0.37	0.46
<i>Scymnus</i> sp. 3	0.18	0.18	0.37	0.74	1.02	1.70	1.98	4.71
<i>Scymnus</i> sp. 4	36.92	24.15	7.22	68.30	18.67	9.79	2.23	30.69
Chrysopidae	0.02	0.02	0.05	0.08	0.00	0.15	0.19	0.34
<i>Ceraeochrysa</i> sp.	0.02	0.02	0.05	0.08	0.00	0.15	0.19	0.34
Eulophidae	21.47	1.84	0.09	23.40	36.51	10.90	0.50	47.91
<i>Tamarixia radiata</i> Waterston	21.47	1.84	0.09	23.40	36.51	10.90	0.50	47.91
Hemerobiidae	0.09	0.54	0.00	0.63	0.00	0.46	0.00	0.46
<i>Micromus</i> sp.	0.09	0.54	0.00	0.63	0.00	0.46	0.00	0.46
Mantidae	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stagmomantis</i> sp.*	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Mantoididae	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mantoida maya</i> Saussure y Zehntner*	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Reduviidae	0.00	0.02	0.06	0.08	0.06	0.06	0.03	0.15
<i>Zelus</i> sp.	0.00	0.02	0.06	0.08	0.06	0.06	0.03	0.15
Syrphidae	0.14	0.02	0.00	0.15	0.28	0.03	0.03	0.34
<i>Allograpta</i> sp.	0.14	0.02	0.00	0.15	0.28	0.03	0.03	0.34
Vespidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	0.15
<i>Brachygastra</i> sp.*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.06
<i>Polybia</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.09
Σ SUMA	60.80	28.83	10.37	100.00	59.99	30.38	9.63	100.00

Estrato de edad: huertas jóvenes (número total de individuos capturados N = 3229), huertas adultas (N = 6508). Los valores proceden de conteos realizados de trampas amarillas pegajosas (N = 602 trampas) colocadas durante el estudio y de muestreos casuales en campo.

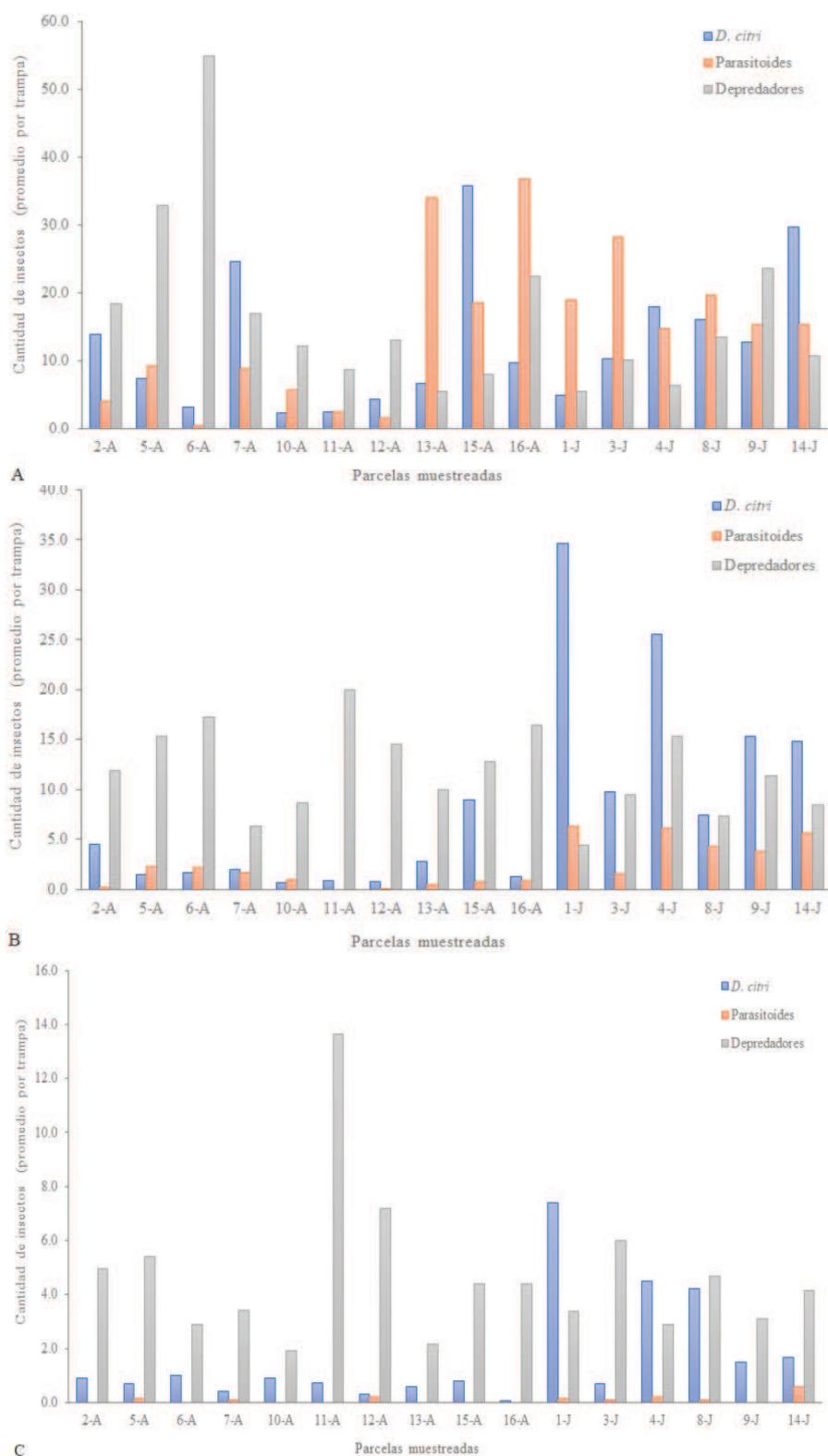


Figura 3. Comparación de la cantidad promedio de *D. citri* (insecto vector), parasitoides y depredadores contabilizados por trampa en 16 huertas de limón persa: A) abril, B) mayo, C) julio. Huertas jóvenes (1-J, 3-J, 4-J, 8-J, 9-J, 14-J), huertas adultas (2-A,5-A,7-A,10-A,11-A,12-A,13-A,15-A,16-A).

Respecto a los depredadores, la cantidad de individuos por trampa fue baja en julio ($\bar{x} = 4.6$), no así para abril y mayo ($\bar{x} = 16.4$; 11.8). Los arácnidos y algunas especies de coccinélidos (*Scymnus* sp., *Nephus* sp.) mostraron un ligero incremento de sus poblaciones en el mes lluvioso. Contrariamente, las especies *Olla v-nigrum* Mulsant, 1866, *Hippodamia convergens* Guerin Meneville, 1842 y *Chilocorus* sp. solo fueron observados en campo a mediados de abril y mayo consumiendo vorazmente las ninfas de *D. citri* disponibles en los brotes tiernos (Tabla 2). También se notó la presencia de larvas de Syrphidae en los retoños, aunque, su frecuencia fue menor que en observaciones realizadas en invierno. Comparando entre los dos estratos de edad, se encontró que las parcelas adultas tuvieron una alta abundancia de depredadores (HA: $\bar{x} = 12.5$; HJ: $\bar{x} = 8.3$), mientras que en términos de riqueza, las huertas jóvenes registraron el mayor número de taxones entomófagos (21) y una diversidad (D') casi, tres veces mayor que las HA. Sin embargo, temporalmente, el estrato adulto resultó más estable en cuanto a los valores del orden $q = 0$: D^0 y $q = 1$: D^1 (Tabla 3).

Tabla 3. Cobertura de muestreo realizado en huertas con árboles jóvenes, adultos y por temporada. Número de especies efectivas colectadas (D^0 , D^1 , D^2), El Verdón, Quintana Roo, México.

Estrato de edad	Mes	CM	Coccinellidae			Enemigos naturales					
			N	D^0	D^1	D^2	CM	N	D^0	D^1	D^2
Joven	Abril	1.00	690	6.0	1.65	1.30	1.00	1937	11.0	2.73	2.13
	Mayo	0.99	414	12.0	2.48	1.66	1.00	981	21.0	5.47	3.92
	Julio	0.97	195	9.0	4.08	3.45	0.98	311	16.0	6.90	5.46
Adulta	Abril	1.00	2425	8.0	1.07	1.02	1.00	3957	14.0	2.34	2.02
	Mayo	1.00	1593	7.0	1.09	1.02	1.00	1876	16.0	2.02	1.41
	Julio	0.99	526	8.0	1.64	1.25	0.99	675	13.0	2.77	1.90

⁰D: riqueza de especies S, ¹D: exponente del índice de Shannon, ²D: inverso del índice de Simpson
CM: cobertura de muestreo, N: número total de individuos

Efecto del manejo agronómico sobre *D. citri* y sus enemigos naturales

Las huertas cítrícolas que realizaban aplicaciones intensivas de pesticidas registraron abundancias del insecto plaga estudiado de 6.7 - 9.0 individuos por trampa en la temporada de seca y en lluvias de 1.2 ind. Contrariamente, las huertas que tuvieron bajas aplicaciones presentaron capturas de 11.6 - 20.5 insectos por trampa en seca (mayo - abril) y 2.4 en lluvias. Estas variaciones fueron significativas según la prueba de Kruskal Wallis (HJ: $\chi^2_{0.05, 1} = 3.83$, $P = 0.05$; HA: $\chi^2_{0.05, 1} = 7.21$, $P = 0.007$). En el caso de los parasitoides, las poblaciones fueron importantes tanto en huertas con alto uso de insecticidas ($\bar{x} = 15.0$ insectos por trampa) como en las de bajo uso ($\bar{x} = 13.7$) para la temporada de seca. En el periodo de lluvias, el valor registrado fue de 0.06 y 0.18 parasitoides por trampa en huertas con altas y bajas aplicaciones, respectivamente. Respecto a los depredadores, la abundancia fue casi el doble en limonares donde el productor aplicó menos pesticidas.

Las huertas con eliminación frecuente de las arvenses presentaron capturas de 11.8 diaphorinas, 13.3 parasitoides y 13.1 depredadores por trampa. Los valores registrados en las parcelas con mayor cobertura vegetal fueron de 4.4 diaphorinas, 1.6 parasitoides y 20.1 depredadores por trampa. Algunas herbáceas importantes en cítricos son *Amaranthus* sp., *Sida acuta* Burm., *Parthenium hysterophorus* L., *Euphorbia hirta* L. y especies de la familia Rubiaceae. Las podas complementadas con aplicaciones foliares de fertilizantes favorecieron positivamente las poblaciones de *D. citri* ($\chi^2_{0.05, 1} = 2.67$, $P = 0.0102$). Resultados muy similares fueron observados con los parasitoides, mientras que los depredadores no mostraron cambios poblacionales con esta práctica.

Efecto de la distancia de la selva sobre *D. citri* y sus enemigos naturales

En huertas con árboles adultos, el promedio del insecto vector *D. citri* colectado por trampa presentó una correlación positiva en un transecto de 0-200 m ($r_s = 0.907$, $P = 0.0001$); así como también, el parasitoide, *T. radiata* ($r_s = 0.766$, $P = 0.010$) y los arácnidos ($r_s = 0.665$, $P = 0.036$) (Figura 4A, B, D). Esto puede traducirse en que se capturaron en promedio 1.0 diaphorina y 1.0 parasitoide por trampa en las áreas cercanas a la selva (10 m), mientras que a 200 m de distancia, la abundancia incrementó considerablemente a 14.0 diaphorinas y 9.6 parasitoides por trampa. Los coccinélidos no mostraron una asociación ($r_s = -0.156$, $P = 0.667$), a excepción de una especie del género *Scymnus* ($r_s = -0.564$, $P = 0.010$). En otro rango considerado de 240 - 500 m, la correlación encontrada fue negativa con *D. citri* (r_s

= -0.813, $P = 0.001$) y el coccinélido, *Scymnus* sp. ($r_s = -0.548$, $P = 0.006$); mientras que fue positiva con *T. radiata* ($r_s = 0.587$, $P = 0.001$). Los arácnidos ($r_s = 0.049$, $P = 0.808$) y los otros coccinélidos ($r_s = 0.180$, $P = 0.360$) no presentaron correlación en este rango. En parcelas jóvenes, *D. citri* presentó una correlación inversamente proporcional en un transecto de 10-620 m ($r_s = -0.640$, $P = 0.001$) (Figura 4B), negativa de 10-350 m para la coccineloфаuna ($r_s = -0.539$, $P = 0.026$) (Figura 4E) y para *Scymnus* sp. ($r_s = -0.576$, $P = 0.0001$). Los arácnidos ($r_s = 0.232$, $P = 0.179$) y el parasitoide, *T. radiata* ($r_s = -0.249$, $P = 0.335$) no registraron asociación. En general, la entomofauna benéfica tendió a ser más diversa en las cercanías de la selva ($r_s = -0.431$, $P = 0.045$) (Figura 4F).

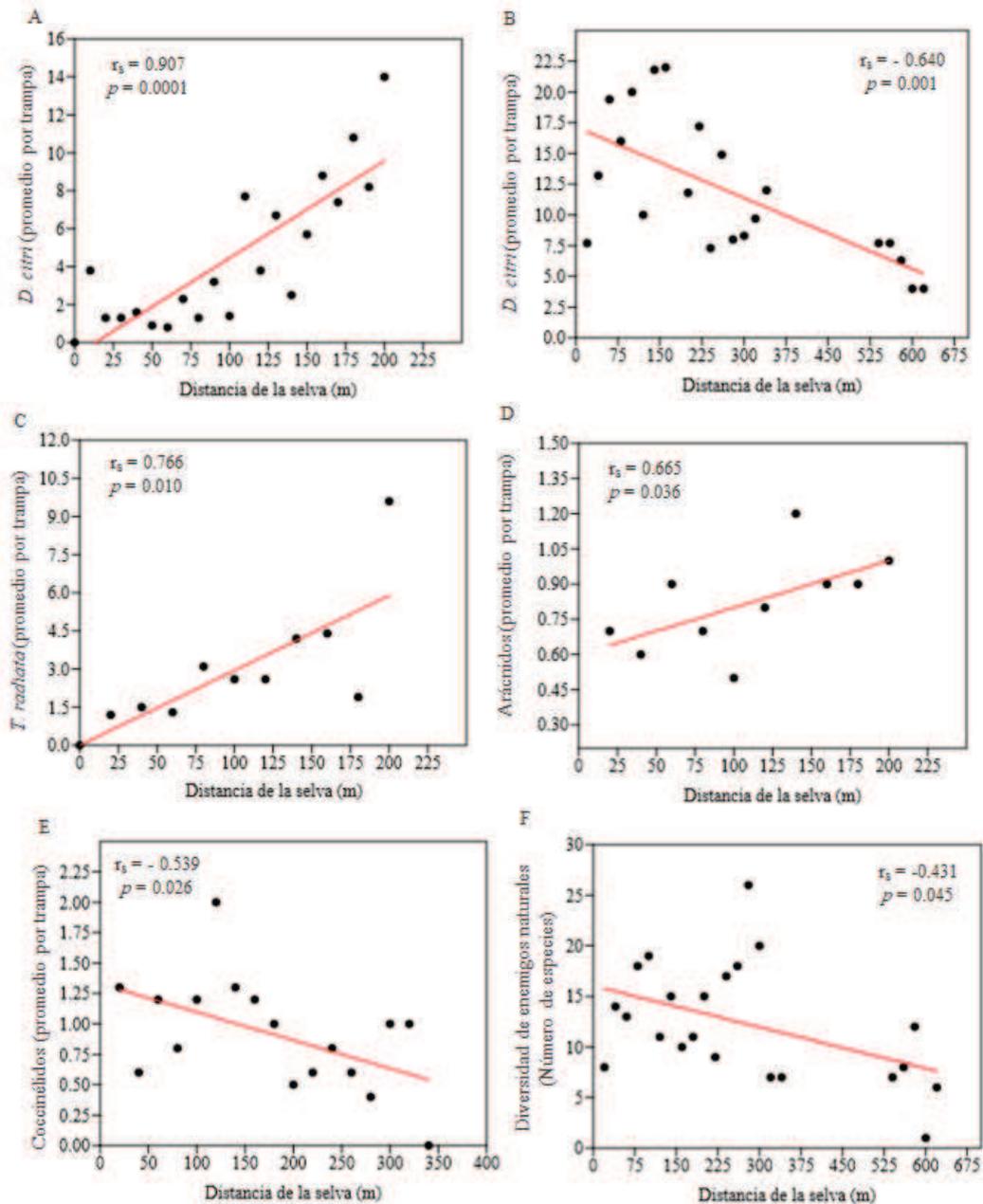


Figura 4. Cantidad promedio de *D. citri* y de sus enemigos naturales colectados por trampa a diferentes distancias de la selva. Huertas adultas, 0-200 m (A, C, D), huertas jóvenes, 0-650 m (B, F) y 0-350 m (E).

DISCUSIÓN

Enemigos naturales asociados a *D. citri* presentes en la región citrícola estudiada

Actualmente, la lista de enemigos naturales (depredadores, parasitoides) asociada a *D. citri* en el mundo es extensa y continúa incrementándose (Michaud 2002a). Una revisión exhaustiva realizada por Kondo y colaboradores (2015) encontró 95 especies benéficas, distribuidas en nueve órdenes y 23 familias, siendo las más diversas: Coccinellidae (38 especies), Chrysopidae (13) y Syrphidae (8). En México, se ha descrito 14 géneros de coccinélidos (*Arawana*, *Azya*, *Chilocorus*, *Curinus*, *Cycloneda*, *Delphastus*, *Hippodamia*, *Nephus*, *Olla*, *Pentilia*, *Zagloba*, *Brachiacantha*, *Hyperaspis* y *Scymnus*), neurópteros (*Ceraeochrysa* y *Chrysoperla*), sírfidos, véspidos (Lozano y Jasso 2012; Ortega *et al.* 2013), redúvidos (Barrera *et al.* 2010), arácnidos y mántidos (Catzim 2015) atacando diferentes estados de *D. citri*. Nuestro trabajo confirma la presencia de esta gran riqueza de organismos benéficos en una región citrícola del sureste, varios de estos taxones pueden ser encontrados en campo.

Dado lo anterior, los coccinélidos son los depredadores más abundantes, diversos y eficaces en los sistemas citrícolas (Gaona *et al.*, 2012; Gaona *et al.*, 2000; González *et al.*, 2005; Lozano y Argumedo, 2012; Michaud y Olsen, 2004; Ortega *et al.*, 2013; Pluke *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2012). En los limonares estudiados, no es la excepción, se lograron observar hasta 21 especies, encabezando la lista de abundancias. Asimismo, coincidimos con Flores y Salas (2004) quienes reportan que *Brachiacantha* e *Hyperaspis* son los géneros con mayor cantidad de especies pero menos abundantes, caso contrario con *Scymnus*, *Stethorus* y *Nephasphis* (= *Nephus*) que tienden a presentar poblaciones muy abundantes, pero por su diminuto tamaño son obviados en muchos estudios (Majka y Robinson, 2009). Se ha encontrado que los coccinélidos son capaces de completar su ciclo biológico exitosamente y producir huevecillos fértiles con una dieta a base de *D. citri* (Michaud y Olsen 2004).

Los neurópteros también son un grupo relevante de depredadores (Gaona *et al.*, 2012; Lozano y Argumedo, 2012; Michaud, 2002b; Pacheco *et al.*, 2015). Lozano y Argumedo (2012) encontraron en Yucatán que la naranja dulce puede ser un reservorio mucho más importante de Chrysopidae; mientras que en limonares nosotros registramos que Hemerobiidae es más frecuente. Por otra parte, se han reportado varias familias de arácnidos en cítricos: Anyphaenidae, Clubionidae, Oxyopidae, y Salticidae (Michaud, 2002a). En las huertas estudiadas se observaron especies tejedoras que capturan adultos de *D. citri* aprovechando que estos se desplazan con las corrientes de aire. Por último, la asociación mutualista observada entre las ninfas de *D. citri* y las hormigas se ha considerado una limitante porque interfieren con la depredación y el parasitoidismo alejando a los agentes de control (Michaud 2002a).

Abundancia de *D. citri* y sus enemigos naturales según la temporada climática y la edad del cultivo

La abundancia de *D. citri* fue mayor en la temporada de seca (27-28 °C; 10-77 mm de precipitación) y menor en el periodo de lluvia (27 °C; 111-241 mm). Este insecto puede vivir entre los 16 y 41.6 °C, pero el rango ideal para su sobrevivencia y reproducción es de 25-28 °C (McFarland y Hoy, 2000), situación que se cumplió en los meses muestreados. A pesar de que la temperatura es un factor clave en la abundancia de *D. citri* (Tsai *et al.*, 2002), la precipitación tiene un efecto mayor ya que valores por encima de los 150 mm disminuyen drásticamente la densidad de ninfas y huevos expuestos en los brotes por el efecto de lavado que ejerce (Hall *et al.*, 2008; Ortega *et al.*, 2013). La alta presencia del insecto plaga en huertas jóvenes se asoció a la frecuente disponibilidad de recursos alimenticios, brotes nuevos, suculentos y poco leñosos, fáciles de acceder con el estilete. La densidad de brotes vegetativos presenta una relación positiva con la abundancia de *D. citri* (Ortega *et al.*, 2013). En la región centro de Quintana Roo, Catzim (2013) registró un repunte en el crecimiento vegetativo de limonares en los meses de abril y mayo; aunque se debe considerar que el limón persa emite brotes durante todo el año y la zona de estudio cuenta con sistemas de riego que pueden inducirlos. Aunado a esto, el parasitoide *T. radiata* también registró sus mayores capturas en parcelas jóvenes y en temporada de seca. Esta respuesta se considera indirecta, ya que su abundancia depende de la densidad de *D. citri*, su único hospedero.

En lo que corresponde a depredadores, la coccinelo fauna está compuesta por diversas especies que depredan insectos de cuerpo blando como áfidos, cóccidos y ácaros. Estos agentes de control biológico han sido observados con recurrencia buscando sus presas en árboles con copas bien desarrolladas y ovipositando cerca de colonias con poblaciones altas de fitófagos (Michaud, 2002b). Sin embargo, el comportamiento puede variar, por ejemplo, especies del género *Scymnus* habitan en árboles de porte elevado, mientras que *Chilocorus* se moviliza a los estratos superiores solo cuando sus presas disminuyen en las partes bajas (Núñez *et al.*, 1992). Esta característica explica porque el género

Scymnus fue tan frecuente en huertas adultas y *Chilocorus* en jóvenes. Tomando en cuenta la abundancia temporal, se coincide en que *Scymnus* spp. presenta mayores capturas en primavera (Alvis *et al.*, 2002), al igual que, *Hippodamia convergens* Guerin Meneville, 1842 y *Olla v-nigrum* Mulsant, 1866 (Gaona *et al.*, 2012). Esta última especie, se ha asociado fuertemente a *D. citri* porque son capaces de incrementar sus poblaciones rápidamente cuando el insecto plaga lo hace (Michaud, 2001). En los limonares estudiados, la emergencia de los primeros brotes de áfidos en julio provocó un ligero incremento de *Nephus* sp. La preferencia por los estratos de vegetación o del árbol, la disponibilidad de presas, e incluso, la floración puede explicar la abundancia encontrada en las huertas adultas, así como la riqueza y la diversidad presente en las parcelas jóvenes.

La captura de neurópteros coincidió con Catzim (2013) quien observó mayor presencia en el mes de mayo; mientras que los arácnidos entre verano y otoño (Desales y Francke, 2013; Michaud, 2002b). Por su parte, los sírfidos en estado adulto presentaron bajas capturas en el trapeo realizado, aunque, si se observó más presencia de larvas en brotes con *D. citri*. Estos dípteros son comunes en zonas citrícolas, siendo el estado larvario, los únicos con actividad depredadora; los adultos se alimentan de néctar y polen para la producción de huevecillos. Sin embargo, se ha observado en campo que la temperatura elevada que se alcanza en la lámina foliar, donde las presas están presentes, es un factor que afecta su efectividad y supervivencia. Además, se ha registrado que en otoño se presenta condiciones menos cálidas para estos insectos, la búsqueda de presas es preferida en huertas con árboles jóvenes y la oviposición cerca de las colonias fitófagas (Michaud, 2002a). Resultados similares fueron encontrados en el presente estudio. En el contexto ecológico, la complementariedad de las especies entomófagas favorece la regulación de los insectos plaga (Michaud, 2002b).

Efecto del manejo agronómico sobre *D. citri* y sus enemigos naturales

La eliminación frecuente de las arvenses y las podas complementadas con aplicaciones foliares de fertilizantes se relacionan con una alta abundancia de *D. citri* y bajas poblaciones de sus enemigos naturales como coccinélidos y arácnidos. Estos resultados se explican porque la aplicación habitual de herbicidas reduce la cobertura vegetal en el cultivo, un estrato que ofrece recursos vitales para la sobrevivencia de los agentes de control biológico (Michaud 2002b). Aunado a esto, se ha observado en maizales que la aplicación de fertilizantes sintéticos (nitrogenados) incrementa las poblaciones de áfidos (Morales *et al.*, 2001; Zhao *et al.*, 2015), mientras que la poda y el riego induce la producción de brotes tiernos y suculentos en cítricos, que los hacen más atractivos al ataque de hemípteros (García, 2013; Lozano y Argumedeo, 2012; Michaud, 2002a). Por otra parte, la aplicación de insecticidas en huertas comerciales para el control de *D. citri* ha ido en aumento significativamente por su eficacia para reducir las poblaciones de este insecto a corto plazo. Aunque, se ha registrado que la recurrencia al control químico como primera y, en ocasiones como única opción está incrementando la presión de selección sobre poblaciones de este fitófago en campo con un riesgo potencial de resistencia a los productos sintéticos. En la Florida y en México (Michoacán y Jalisco) se han encontrado ya poblaciones de ninfas y adultos de *D. citri* altamente resistentes (RR₅₀) a insecticidas como neonicotinoides, organofosforados y carbamatos. La variación en los niveles de susceptibilidad se atribuye a la elevada presencia de enzimas desintoxicantes en individuos colectados en campo (Tiwari *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2013).

Las prácticas intensivas, mencionadas anteriormente, favorecen (indirectamente) la abundancia del parasitoide *T. radiata*. Estas respuestas se han atribuido a las características del ectoparasitoide como la alta especificidad, capacidad de búsqueda, sincronización y, principalmente, al patrón denso-dependiente que mantiene con las ninfas de *D. citri* (Skelley, 2004; Beloti *et al.*, 2015). Sin embargo, no se desestima el efecto perjudicial de ciertas prácticas como la aplicación de insecticidas, ya que trabajos como el de Beloti *et al.* (2015) han reportado que cerca del 80 % de los insecticidas (piretroides, neonicotinoides, organofosforados, thiadiazinon, aceite agrícola) que se usan, comúnmente en las huertas producen una alta toxicidad y mortalidad sobre *T. radiata*. También encontraron que las nuevas generaciones de estos parasitoides (F1, F2) aumentan sus niveles de susceptibilidad a los productos químicos; y que las pupas de *T. radiata* son el estado que sufren menos impacto a los insecticidas por la protección que obtienen de su hospedero inmovilizado “momificado”.

En lo que corresponde a los entomófagos, Michaud (2002b) menciona que las actividades agronómicas pueden afectarlos en diferente nivel, positiva o negativamente. La eliminación de la cobertura vegetal tiene un efecto negativo, ya que las arvenses proveen de diversos recursos a la entomofauna benéfica como presas alternas, polen, néctar, sustancias melosas; sirven de refugio en condiciones climáticas adversas y como opción de escape durante las aplicaciones de insecticidas (Almeida *et al.*, 2011; Blanco y Leyva, 2007). Las arvenses manejadas adecuadamente en corredores pueden contribuir de manera efectiva en la entrada, movilidad y dispersión de los enemigos naturales entre las huertas y la vegetación circundante (Nicholls *et al.*, 2001). Por otro lado, el uso de insecticidas, comúnmente de

amplio espectro, mata una gran cantidad de enemigos naturales (Cloyd, 2012; Krebs, 1988; Ripa *et al.*, 2007). En síntesis, la intensificación del manejo agrícola modifica las condiciones del agroecosistema favoreciendo a los organismos plaga, no así para sus agentes de control.

Efecto de la distancia de la selva sobre *D. citri* y sus enemigos naturales

Catzim (2013) registró en una parcela adulta y cercana a la selva poblaciones bajas de *D. citri* en el centro de Quintana Roo, mientras que, al eliminarse parte de la selva para establecer otro cultivo, incrementó la captura del psílido en las trampas. En el presente estudio se encontró que las huertas del estrato adulto tendían a incrementar la abundancia de *D. citri*, *T. radiata* y arácnidos conforme se alejaba del fragmento selvático, esto fue observado claramente en un rango de 0-200 m; mientras que en las parcelas jóvenes el resultado fue opuesto. Dado esto, se confirma primero que, el insecto plaga se encuentra aislado únicamente a las huertas citrícolas. Segundo, se coincide con Hall (2009) en que las huertas con árboles adultos se convierten en ambientes más estables para los enemigos naturales, mientras que, para los adultos de *D. citri* podría representar una limitante debido a que tienen que invertir más esfuerzo para saltar y moverse entre árboles y huertas. En cambio, las parcelas jóvenes facilitan el desplazamiento del insecto plaga por las corrientes de aire. La mayor cobertura de las copas ayuda a amortiguar los cambios de temperatura, humedad, viento y proteger de la lluvia. Los organismos tienen que migrar a la selva o desplazarse a las áreas más húmedas en limonares donde la copa es menor.

La diversidad de enemigos naturales tendió a ser más diversa en las áreas cercanas a la selva. Nicholls y colaboradores (2001) encontraron en viñedos que los coccinélidos, neurópteros y sírfidos exhiben un gradiente de densidad, es decir, la distribución espacial y abundancia es influenciado positivamente por la presencia de la selva. En huertas urbanas, Vázquez *et al.* (2013) llegó a conclusiones similares con los coccinélidos y sírfidos a distancias de hasta 100 m de fragmentos de bosque. La información anterior y los resultados de este estudio permiten resaltar que la matriz selvática es fundamental para el mantenimiento, abundancia y diversidad de los enemigos naturales en los agroecosistemas citrícolas (López *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Diaphorina citri encuentra en temporada de seca y en árboles jóvenes de limón las condiciones adecuadas para su desarrollo. A pesar de ser un insecto plaga exótico, los agroecosistemas citrícolas poseen una alta riqueza de entomófagos (coccinélidos, neurópteros, arácnidos, sírfidos, redúvidos, antacóridos, véspidos, mántidos y parasitoides) capaces de aprovechar este nuevo recurso alimenticio y de regular sus poblaciones. Una mayor diversidad de enemigos naturales se relaciona con la eliminación infrecuente de las arvenses, la reducción de los insumos químicos y la cercanía de fragmentos selváticos. La intensificación agrícola solo favorece las altas poblaciones de insectos plaga, no así a los agentes involucrados en el control biológico, con la excepción del parasitoide *T. radiata*. Finalmente, para un control biológico por conservación, se sugiere que las huertas citrícolas se establezcan a distancias menores de 100 m de la selva y optar por un contexto de manejo agroecológico para incrementar la diversidad de enemigos naturales. En situaciones donde la distancia a los fragmentos selváticos es mayor se sugiere diseñar los sistemas agroecológicos con franjas o corredores de vegetación natural.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor para la realización de su estudio de posgrado. A los productores de limón persa de El Verdón, ejido de Kankabchen, Quintana Roo por el interés y las facilidades otorgadas para trabajar en sus huertas.

REFERENCIAS

- Almeida, L. M., Corrêa, G. H., Giorgi, J. A., y Grossi, P. C. 2011. New record of predatory ladybird beetle (Coleoptera, Coccinellidae) feeding on extrafloral nectaries. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55: 447–450.
- Alvis, L., Raimundo, A., Villalba, M., y García, F. 2002. Identificación y abundancia de coleópteros coccinélidos en los cultivos de cítricos valencianos. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*. 28: 479–491.
- Barrera, J. F., Gómez, J., y Herrera, J. 2010. Aspectos de la biología y cría en laboratorio de *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduviidae), un enemigo natural de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). En: XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico, Uruapan, Michoacán, México. pp. 67–80.

- Barrera, J. F., Herrera, J., Vázquez, F., Hernández, M., Gómez, J., y Valle, J. 2011. Estudios sobre trameo de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). En: 2° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en Veracruz, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. pp. 30–40.
- Barrera, J. F., Herrera, J., Gómez, J., y Valle, J. 2012a. Captura de adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) con trampas amarillas pegajosas en Chiapas y algunas implicaciones en el análisis de datos. En: 3° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing, Veracruz, México. pp. 83-93.
- Barrera, J. F., Herrera, J., Gómez, J., y Valle, J. 2012b. Muestreo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en brotes de limón. En: 3° Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing, Veracruz, México. pp. 74–82.
- Beloti, V. H., Rodrigues, G., Dias, D. F., Manara, M., Andrade, R., Borges, C., y Takao, P. 2015. Lethal and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. Plos ONE. 1–14. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0132128>
- Blanco, Y., y Leyva, A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos Tropicales. 28(2): 21–28.
- Catzim, V. 2015. Dinámica poblacional y enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), en limón persa en Quintana Roo. El Colegio de La Frontera Sur. Pp. 1-128.
- Ceccon, E. 2008. La revolución verde: Tragedia en dos actos. Ciencias 91:21–29.
- Chao, A., Ma, K. H., y Hsieh, T. C. 2016. User's guide for iNEXT Online: Software for interpolation and extrapolation of species diversity. pp. 1-14.
- Chen, X., y Stansly, P. A. 2014. Biology of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea): A mini review. Florida Entomologist. 97(4): 1404–1413. <http://doi.org/10.1653/024.097.0415>
- Cloyd, R. A. 2012. Indirect effects of pesticides on natural enemies. En: Pesticides-Advances in Chemical and Botanical Pesticides. 127–150. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/47244>
- Curti, S. A., Loredó, X., Díaz, U., Sandoval, J. A., y Hernández, J. 2000. Tecnología para producir limón persa. Veracruz, México: INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. pp. 1-144.
- Desales, M. A., y Francke, O. F. 2013. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en hábitats artropogénicos. Revista Mexicana de Biodiversidad. 84(1): 291–305. <http://doi.org/10.7550/rmb.31708>
- Flores, S., y Salas, M. D. 2004. Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) del estado de Guanajuato en la colección Leopoldo Tinoco Corona de la Universidad de Guanajuato. Acta Universitaria. 14(2): 8–16.
- Gaona, G., Ruíz, E., y Peña, R. 2000. Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja, *Citrus sinensis* (L.), en la zona centro de Tamaulipas, México. Acta Zoologica Mexicana. 81: 1–12.
- Gaona, G., Coronado, J. M., Cázares, A., Lara, M., y Sánchez, G. 2012. El psílido asiático de los cítricos en la zona centro de Tamaulipas, México. Recursos Naturales. 77–87.
- García, F. 2013. Caracterización morfométrica y genética de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) de rutáceas en Cazonces, Veracruz, México. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. 1-89.
- Garita, J., Villalobos, W., Godoy, C., y Rivera, C. 2008. Diversidad de cicadélidos y clastoptéridos (Hemiptera) en tres zonas productoras de café afectadas por *Xylella fastidiosa* Wells *et al.* en Costa Rica. Neotropical Entomology. 37(4): 436–448. <http://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000400013>
- Gliessman, S. R., Engles, E., y Krieger, R. 1998. Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture. C. Press, Ed., Illustrate. pp. 1-357.
- González, C., Hernández, D., Cabrera, R., y Tapia, J. 2005. *Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. EPPPO Bulletin. 35(2): 331–333. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2005.00839.x>
- González, J. C., Castellanos, I. E., Fucikovskiy, L. J., López, M., y Sánchez, G. 2012. Coccinélidos como potenciales enemigos naturales de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en un huerto de cítricos de Tuxpan, Veracruz, México. Revista Científica UDO Agrícola. 12(4): 855–860.
- Hall, D. G., Hentz, M. G., y Adair, R. C. 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(1): 446–452.
- Hall, D. G., Sétamou, M., y Mizell, R. F. 2010. A comparison of sticky traps for monitoring Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Crop Protection. 29(11): 1341–1346. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.003>
- Hall, D., y Hentz, M. 2010. Sticky trap and stem-tap sampling protocols for the asian citrus psyllid (Hemiptera:

- Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*. 103(2): 541–549. <http://doi.org/10.1603/EC09360>
- Hammer, y Harper. 2017. PAST: Paleontological Statistics, Versión 3.16. Universidad de Oslo. 1-256
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, D.F. 1-381.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, D. F. 1-410.
- Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán, Y., Vinasco, A., y Forero, D. 2015. A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the world. *Insecta Mundi*. 457:1–14.
- Krebs, C. J. 1988. *The message of ecology*. New York, U. S. A.: Harper y Row. pp. 1-204.
- León, G. 2012. Insectos de los cítricos. En: Corpoica Universitaria Lasallista (ed.). *Cítricos: Cultivo, poscosecha e industrialización*. Corporación Universitaria Lasallista. Ed. Artes y Letras S.A.S.
- Lomelí, J. R., Rodríguez, E., Váldez, J. M., y Ortega, L. D. 2010. Géneros de Coccinellidae asociados a *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en México. En: Resúmenes del 1er. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psilido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing, Monterrey, Nuevo León, México. pp. 64–77.
- López, J. I., Loera, J., y Rocha, M. A. 2005. Situación actual de los vectores y otras plagas de importancia para la citricultura de las Américas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias, México. 1-21.
- López, L., Armbrrecht, I., Montoya, J., y Molina, E. J. 2013. Diversidad de avispas parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17(1): 65–78.
- Lozano, M. G., y Argumedo, J. J. 2012. Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*. 16(1): 5–11.
- Majka, C. G., y Robinson, S. 2009. *Hyperaspis* and *Brachiacantha* (Coleoptera: Coccinellidae): two poorly known genera of native lady beetles in the Maritime Provinces. *Journal of the Acadian Entomological Society*. 5: 3–11.
- Marín, J. A. 1990. La familia Coccinellidae. En: Peña R., y Cervantes, F. (eds.). *II Taller de colecciones de insectos y ácaros de importancia grícola y forestal*. Insectario, Div. Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F. pp. 59–75.
- Martínez, R. M., Tuya, L. C., Martínez, M., Pérez, A., y Cánovas, M. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. *Revista de La Habana de Ciencias Médicas*. 8(2): 1–19.
- McFarland, C. D., y Hoy, M. A. 2000. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist*. 84(2): 227–233.
- 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(4): 608–612.
- Michaud, J. P. 2002a. Biología, ecología y comportamiento de Coccinellidae y Syrphidae y su potencial en el control biológico del pulgón café de los cítricos en la Florida, EUA. En: Arredondo, H. C., Mellín, P., Pérez, P. y Martínez, J. (eds.). *Control biológico del pulgón café *Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México, D. F. pp. 87-92.
- Michaud, J. P. 2002b. Biological control of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: A preliminary report. *Entomological News*. 113(3): 216–222. <http://biostor.org/reference/66887>
- Michaud, J. P., y Olsen, L. E. 2004. Suitability of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl* 49: 417–431.
- Morales, H., Perfecto, I., y Ferguson, B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, Ecosystems y Environment*. 84: 145–155.
- Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E., y Pavón, N. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1249–1261.
- Nicholls, C. I., Parrella, M., y Altieri, M. A. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology*. 16(2): 133–146. <http://doi.org/10.1023/A:1011128222867>
- Núñez, E., Tizado, E. J., y Nieto, J. M. 1992. Coccinélidos (Col.: Coccinellidae) depredadores de pulgones (Horn.: Aphididae) sobre plantas cultivadas de León. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*. 18: 765–775.
- Ortega, L. G., Villegas, A., Ramírez, A. J., y Mendoza, E. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazonas, Veracruz, México. *Acta Zoologica Mexicana*. 29(2): 317–333.
- Pacheco, I., Lomelí, J. R., López, J. I., González, H., Romero, J., Santillán, M. T., y Suárez, J. 2015. Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae).

- Revista Colombiana de Entomología. 41(2): 187–193.
- Paredes, D., Campos, M., y Cayuela, L. 2013. El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Revista Ecosistemas*. 22(1): 56–61. <http://doi.org/10.7818/766>
- Perfecto, I., y Vandermeer, J. 2002. Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: Ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology*. 16(1): 174–182.
- Perfecto, I., y Vandermeer, J. 2015. Coffee agroecology: A new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development. Taylor and Francis Group. New York. pp. 1-336.
- Pluke, R. W., Escribano, A., Michaud, J. P., y Stansly, P. A. 2005. Potential impact of lady beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*. 88(2): 123–128.
- Raj, D., Meyer, W. L., Onagbola, E. O., y Stelinski, L. L. 2009. Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immunomarking and potential impact of unmanaged groves on commercial citrus management. *Environmental Entomology*. 38(4): 1250–1258. <http://doi.org/10.1603/022.038.0436>
- Ramos, M. 2008. The effects of local and landscape context on leafhopper (Hemiptera: Cicadellinae) communities in coffee agroforestry systems of Costa Rica. College of Graduate Studies at the University of Idaho. pp. 1-189.
- Ripa, R., Larral, P., y Rodríguez, S. 2007. Control biológico. En: Manejo de plagas en paltos y cítricos. pp. 61–68.
- Robles, P. L., y Delgadillo, I. 2010. Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2: 1-39.
- Rodríguez, M., Cambero, J., Robles, A., Carvajal, C., y Estrada, O. 2012. Enemigos naturales asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Nayarit, México. *Acta Zoologica Mexicana*. 28(1): 625–629.
- Romero, J. 1988. Características morfológicas útiles para diferenciar *Hippodamia convergens* Guerin de *H. koebelei* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae), Chapingo, México. *Folia Entomológica Mexicana*. 76: 45–54.
- Starý, P. 1987. Aphidiidae. En: Minks, A. K. y Harrewijn, P. (eds.). Aphids their biology natural enemies and control. E. Hell Ed. Elsevier Secc. 9.1.1. pp. 171–184
- Tiwari, S., Mann, R. S., Rogers, M. E., y Stelinski, L. L. 2011. Insecticide resistance in field populations of asian citrus psyllid in Florida. *Pest Management Science*. 67(10): 1258–1268. <http://doi.org/10.1002/ps.2181>
- Tsai, J. H., Wang, J., y Liu, Y. 2002. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*. 85(3): 446–451. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0446:SAOTAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0446:SAOTAC]2.0.CO;2)
- Vázquez, J. C., Ferguson, B. G., Morales, H., y Vaca, R. A. 2013. Influencia del paisaje urbano sobre poblaciones de áfidos y sus enemigos naturales: Implicaciones para la producción agroecológica. *El Colegio de la Frontera Sur*. pp. 1-61.
- Vázquez, M., Velázquez, J., Medina, V. M., Cruz, C. J., Sandoval, M., Virgen, G., y Torres, J. P. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in Central West Mexico. *Southwestern Entomologist*. 38(4): 579–596. <http://doi.org/10.3958/059.038.0404>
- Vega, H. E., y Peña, R. 2002. Biología y ecología de áfidos vectores del virus de la tristeza de los cítricos. En: Arredondo, H. C., Mellín, P., Pérez, P. y Martínez, J. (eds.). Control biológico del pulgón café *Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México, D. F. pp. 31–41.
- Villamil, L., Astier, M., Merlín, Y., Ayala, R., Ramírez, E., Martínez, J., Devoto, M., Gavito, M. 2018. Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacan, Mexico. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 45:530–551.
- Zhao, Z., Hui, C., He, D., y Li, B. 2015. Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. *Scientific Reports*. 5(8024): 1–7. <http://doi.org/10.1038/srep08024>

Conclusiones generales

La temporada de seca presenta las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de *D. citri*; asimismo, los árboles jóvenes de limón son preferidos por sus brotes nuevos, succulentos y poco leñosos.

Los limonares poseen una alta riqueza de entomófagos (coccinélidos, neurópteros, arácnidos, sírfidos, redúvidos, antacóridos, véspidos, mántidos y parasitoides) capaces de aprovechar este nuevo recurso alimenticio, *D. citri*.

Las prácticas intensivas como la aplicación de insecticidas y la eliminación de la cobertura vegetal en las huertas citrícolas afectan negativamente a la entomofauna benéfica, particularmente en plantaciones jóvenes; mientras que, el uso de fertilizantes foliares sintéticos, nitrogenados, alteran el estado nutricional y favorecen las poblaciones de *D. citri*. En este contexto, las arvenses locales representan un microhábitat complementario, fuente de diversos recursos alimenticios, refugio en condiciones adversas y como opción de escape de los enemigos naturales durante la aplicación de pesticidas.

La conservación de los agentes de control biológico implica conservar la vegetación natural en el paisaje agrícola, o en su caso, se sugiere implementar corredores naturales. Las huertas citrícolas cercanas a bosque respondieron positivamente en su diversidad (abundancia, riqueza) de enemigos naturales. El insecto plaga *D. citri* también exhibió un gradiente de densidad positivo en huertas adultas, y negativo en jóvenes cercanas a esta matriz.

Literatura citada

- Altieri MA, Nicholls CI. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Medellín, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología SOCLA.
- Arredondo HC. 2002. Introducción al control biológico. En: Arredondo HC, Mellín MA, Pérez P, Martínez JP, eds. Control biológico del pulgón café *Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos. México, D. F.: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, p. 71–85.
- Barrera JF, Gómez J, Herrera J. 2010. Aspectos de la biología y cría en laboratorio de *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduviidae), un enemigo natural de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). En: Sánchez R, Miranda MA, Muñoz HJ, Lara MB, Coria VM, eds. XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Uruapan, Michoacán, México. p. 67–80.
- Barrera JF, Herrera J, Vázquez F, Hernández M, Gómez J, Valle J. 2011. Estudios sobre trameo de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). In: II Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing. Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, p. 30–40.
- Barrera JF, Herrera J, Gómez J, Valle J. 2012a. Muestreo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en brotes de limón. En: III Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing. Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, p. 74–82.
- Barrera JF, Herrera J, Gómez J, Valle J. 2012b. Captura de adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) con trampas amarillas pegajosas en Chiapas y algunas implicaciones en el análisis de datos. En: III Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing. Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, p. 83–93.
- Beloti VH, Rodrigues G, Dias DF, Manara M, Andrade R, Borges C, Takao P. 2015. Lethal

and sublethal effects of insecticides used on citrus, on the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. PLoS One 1–14.

- Catzim V V. 2015. Dinámica poblacional y enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), en limón persa en Quintana Roo. [Tesis de maestría] El Colegio de la Frontera Sur, pp. 1-128.
- Cázares NP. 2014. Estrategias biotecnológicas para el control de *Diaphorina citri* vector de la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus*, agente causal del Huanglongbing. [Tesis de doctorado] Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 1-77.
- Ceccon E. 2008. La revolución verde: Tragedia en dos actos. Ciencias 91:21–29.
- Chen X, Stansly PA. 2014. Biology of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea): A mini review. Florida Entomol. 97:1404–1413.
- Curti SA, Loredó X, Díaz U, Sandoval JA, Hernández J. 2000. Tecnología para producir limón persa. Veracruz, México: INIFAP-CIRGOC, Campo Experimental Ixtacuaco.
- Dixon AF, Hemptinne JL, Kindlmann P. 1997. Effectiveness of ladybirds as biological control agents: Patterns and processes. Entomophaga 42:71–83.
- Fonseca O, Valera N, Vásquez C. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. Entomotropica 22:145–152.
- Gaona G, Coronado JM, Cázares A, Lara M, Sánchez G. 2012. El psílido asiático de los cítricos en la zona centro de Tamaulipas, México. Recur. Nat. 77–87.
- García D, Sánchez S, Romero J, Pérez J. 2013. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón persa (*Citrus latifolia*) en Huimanguillo, Tabasco, México. Rev. Colomb. Entomol. 39:201–204.
- García Y, Ramos YP, Sotelo PA, Kondo T. 2016. Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. Rev. Colomb. Entomol. 42:36–42.
- Garita J, Villalobos W, Godoy C, Rivera C. 2008. Diversidad de cicadélidos y clastoptéridos (Hemiptera) en tres zonas productoras de café afectadas por *Xylella fastidiosa* Wells et al. en Costa Rica. Neotrop. Entomol. 37:436–448.
- Gliessman SR, Engles E, Krieger R. 1998. Agroecology: ecological processes in

sustainable agriculture. Illustrate. pp. 1-357.

- González JC, Castellanos IE, Fucikovsky LJ, López M, Sánchez G. 2012. Coccinélidos como potenciales enemigos naturales de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en un huerto de cítricos de Tuxpan, Veracruz, México. Rev. Científica UDO Agrícola 12:855–860.
- Hall DG. 2008a. Biology, history and world status of *Diaphorina citri*. En: I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los Cítricos (*Candidatus liberibacter* spp.) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora, p. 1–11.
- Hall DG. 2008b. Biological control of *Diaphorina citri*. En: I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los Cítricos (*Candidatus liberibacter* spp.) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora, p. 1–7.
- Hall DG, Hentz MG, Adair R. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. Environ. Entomol. 37:914–924.
- Hall DG. 2009. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Citrus. J. Econ. Entomol. 102:446–452.
- Hall D, Hentz M. 2010. Sticky trap and stem-tap sampling protocols for the asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 103:541–549.
- Hall DG, Sétamou M, Mizell RF. 2010. A comparison of sticky traps for monitoring Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). Crop Prot. 29:1341–1346.
- Hall DG, Wenninger EJ, Hentz MG. 2011. Temperature studies with the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*: Cold hardiness and temperature threshold for oviposition. J. Insect Sci. 11:1–15.
- Hong Y, Tsai JH. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Ann. Appl. Biol. 137:201–206.
- Kondo T, González G, Tauber C, Guzmán Y, Vinasco A, Forero D. 2015. A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the world. Insecta mundi 457:1–14.
- León G. 2012. Insectos de los cítricos. En: Corpoica Universitaria Lasallista, ed. Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización. Corporación Universitaria Lasallista, p. 129–

161.

- López J, López JI, Robles PL, Márquez M. 2013. Geographic distribution of habitat, development and population growth rates of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in Mexico. *J. Insect Sci.* 13:1–17.
- López JI, Loera J, Rocha MA. 2005. Situación actual de los vectores y otras plagas de importancia para la citricultura de las Américas. México: Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pp. 1-21.
- Lozano MG, Jasso J. 2012. Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad* 16:5–11.
- McFarland CD, Hoy MA. 2000. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomol.* 84:227–233.
- Michaud JP. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of asian citrus psyllid, (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomol.* 84:608–612.
- Michaud JP. 2002. Biological control of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: a preliminary report. *Entomol. News* 113:216–222.
- Michaud JP, Olsen LE. 2004. Suitability of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. *BioControl* 49:417–431.
- Morales H. 2002. Pest management in traditional tropical agroecosystems: Lessons for pest prevention research and extension. *Integr. Pest Manag. Rev.* 7:145–163.
- National Research Council. 2010. Strategic planning for the Florida citrus industry: Addressing citrus greening disease. Washington, DC: The National Academies Press. pp. 1-328.
- Nicholls CI. 2008. Control biológico de insectos: Un enfoque agroecológico. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Ortega LG, Villegas A, Ramírez AJ, Mendoza E. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazonos, Veracruz, México. *Acta Zool. Mex.* 29:317–333.

- Pacheco I, Lomelí JR, López JI, González H, Romero J, Santillán MT, Suárez J. 2015. Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Rev. Colomb. Entomol. 41:187–193.
- Paredes D, Campos M, Cayuela L. 2013. El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. Rev. Ecosistemas 22:56–61.
- Perfecto I, Vandarmeer J. 2015. Coffee agroecology: a new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development. New York, USA: Taylor and Francis Group.
- Postali JR, Rodrigues G, Ferreira AJ, Mendes J. 2016. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) × *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Mass rearing and potential use of the parasitoid in Brazil. J. Integr. Pest Manag. 7:5.
- Ramos M. 2008. The effects of local and landscape context on leafhopper (Hemiptera: Cicadellinae) communities in coffee agroforestry systems of Costa Rica. [Tesis de doctorado] College of Graduate Studies at the University of Idaho, pp. 1-189.
- Reyes MA, Loera J, López JI. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas 4:495–501.
- Ripa R, Larral P, Rodríguez S. 2007. Control biológico. En: Manejo de plagas en paltos y cítricos. p. 61–68.
- Robles PL, Delgadillo I. 2010. Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pp. 1-39.
- Rodríguez LA, Arredondo HC. 2007. Teoría y aplicación del control biológico. México, D. F.: Sociedad Mexicana de Control Biológico, pp. 1-303.
- Sánchez JA. 2011. Control biológico en México de *Diaphorina citri*, (Hemiptera: Psyllidae) Vector del HLB de los cítricos, pp. 1–48.
- Skelley LH, Hoy MA. 2004. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. Biol. Control 29:14–23.
- Torres I, López JI, Aguirre JA, Guevara RG, Yáñez R, Hernández MI, Quijano JA. 2013. Potential distribution in Mexico of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) Vector of Huanglongbing pathogen. Florida Entomol. 96:36–47.
- Tsai JH, Wang J, Liu Y. 2002. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorina*

citri (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. Florida Entomol. 85:446–451.

Vega HE, Peña R. 2002. Biología y ecología de áfidos vectores del virus de la tristeza de los cítricos. En: Arredondo HC, Mellín P, Pérez P, Martínez J, eds. Control biológico del pulgón café *Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos. México, D. F.: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, p. 31–41.

Villamil L, Astier M, Merlin Y, Ayala R, Ramírez E, Martínez J, Devoto M, Gavito M. 2018. Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacan, Mexico. Agroecol. Sustain. Food Syst. 45:530–551.

Zhao Z, Hui C, He D, Li B. 2015. Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. Sci. Rep. 5:1–7.

Anexos

The screenshot shows the journal's website interface. At the top, the journal title "Tropical and Subtropical Agroecosystems" is displayed. Below it, there are navigation links: HOME, ABOUT, USER HOME, SEARCH, CURRENT, ARCHIVES, ANNOUNCEMENTS. The user is logged in as "robinpacheco". The main content area is titled "Active Submissions" and shows a table with one submission:

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
2648	06-13	ART	Estrella Pacheco, Morales, Gómez y...	LA MATRIZ SELVÁTICA, UNA VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA EL...	Awaiting assignment

Below the table, there is a "Start a New Submission" link and the ISSN: 1870-0462. On the right side, there are sections for "USER" (with links for My Journals, My Profile, Log Out), "AUTHOR" (with links for Active (1), Archive (0), New Submission), and "JOURNAL CONTENT" (with a search bar and search scope dropdown).

Figura 1. Comprobante de envío del artículo “La matriz selvática, una ventana de oportunidad para el manejo agroecológico de plagas en agroecosistemas cítricos” en la revista Tropical and Subtropical Agroecosystems.

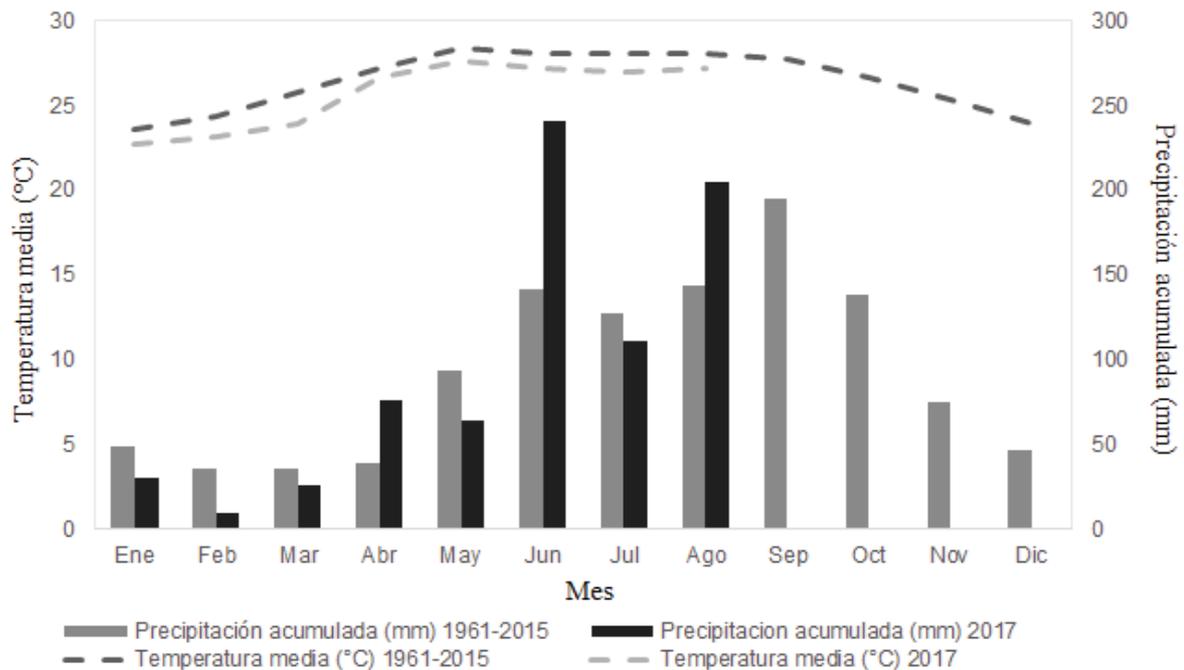


Figura 2. Diagrama ombrotérmico con las precipitaciones y temperaturas históricas de la zona de centro del Quintana Roo. Estación Meteorológica de XPichil, Q. Roo 1961-2015. INEGI 2016. Los valores actuales de precipitación son del Estado. Comisión Nacional del Agua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

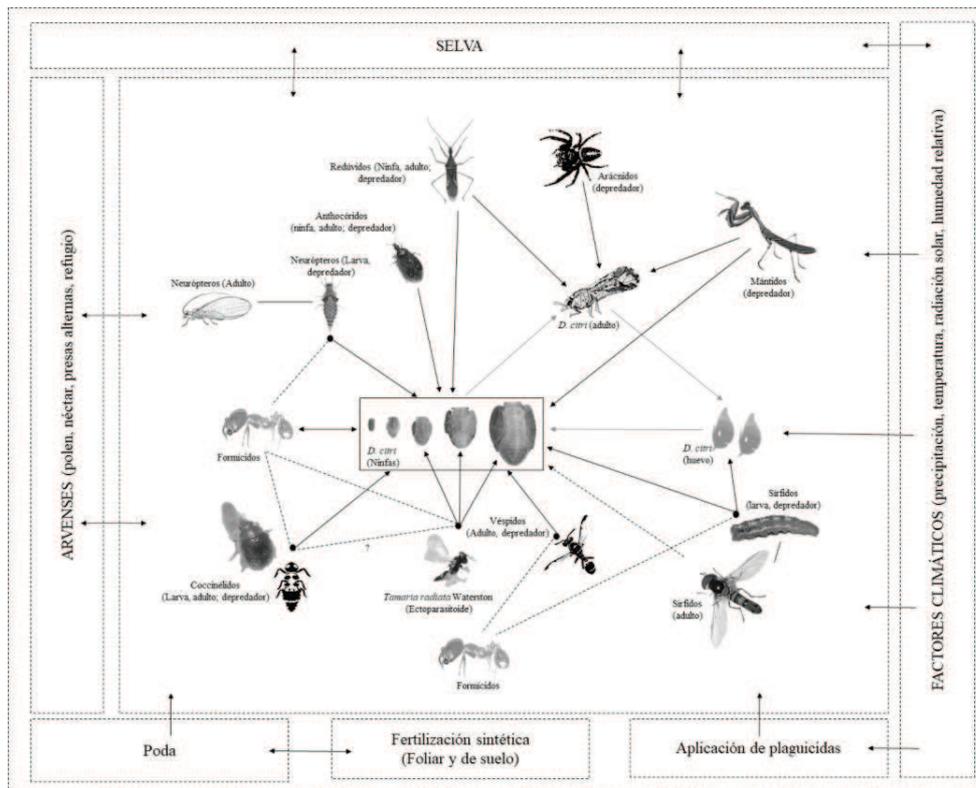


Figura 3. Interacciones de la entomofauna asociada a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en el agroecosistema de limón persa, El Verdón, Quintana Roo. Las líneas rectas indican una relación directa (depredación, parasitismo) y las punteadas indirectas (aprovechamiento de residuos azucarados; interferencia "negativa" señalado con un punto negro). Las flechas indican el sentido de la relación. La mayoría de las interacciones fue observada en campo.

Cuadro 1. Insumos sintéticos empleados en huertas de limón persa, El Verdón, Quintana Roo.

Tipo de producto	Nombre comercial	Ingrediente activo	Tipo de acción	Toxicidad	Grupo químico	Plagas que controla
Insecticidas, acaricidas	AK	Dicofol	Contacto	Moderado	Organoclorado	Araña roja, ácaros
	Arrivo	Cipermetrina	Contacto	Moderado	Piretroides	Larvas de lepidópteros, áfidos, cóccidos, araña roja
	Biodie	Argemonina, berberina, ricinina y a-terthienyl.	Contacto	Ligero	Bioquímicos	Araña roja, mosquita blanca, áfidos, psílidos, ácaros, trips
	Diazinon	Diazinon	Contacto	Moderado	Organofosforado	Cóccidos, mosquita blanca, áfidos, tisanópteros, larvas de lepidópteros, minadores, ácaros, araña roja
	Ecosan forte	Aceites vegetales 3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol, d-1 metil-4 (1 metiletenil) ciclohexeno	Contacto	Ligero	Bioquímicos	Arana roja, ácaros, minadores
	Engeo	Tiametoxam y Lambdacyhalotrina	Contacto con propiedades sistémicas	Moderado	Neonicotinoides, Piretroides	Masticadores, chupadores, raspadores
	Malation	Malation	Contacto	Alto	Organofosforados	Cóccidos, chicharritas, chapulines, picudos, áfidos
	Monitor	Metamidofos	Contacto con propiedades sistémicas	Alto	Organofosforados	Grillos, chinches, chicharritas, mosquitas blancas, áfidos, tisanópteros, larvas de lepidópteros, minadores, diabroticas
Rogor	Dimetoato	Contacto con propiedades sistémicas	Alto	Organofosforados	Chinches, chicharritas, escamas, áfidos, mosquitas blancas, araña roja	
Thor	Abamectina	Contacto	Ligero	Avermectina	Araña roja, ácaros, minadores	
Herbicidas	Agramina	Acido 2,4-D amina	Sistémico. Selectivo	Moderado	Ácido fenoxiacético	Arvenses de hoja ancha
	Doblete super	Paraquat + Diquat	Contacto. No selectivo	Moderado	Bipiridilios	Arvenses de hoja angosta y ancha, anual y perennes
	Fullmina	2, 4-D: Sal dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético	Sistémico. Selectivo	Alto	Fenóxidos	Arvenses de hoja ancha
	Herbidex	2, 4-D: Sal dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético	Sistémico. Selectivo	Moderado	Fenóxidos	Arvenses de hoja ancha (<i>Amaranthus</i> sp., <i>Cucumis</i> sp.)
	Secador	Dicloruro de paraquat	Contacto. No selectivo	Moderado	Bipiridilios	Arvenses de hoja angosta y ancha, anual y perennes
	Velfosato	Glifosato	Sistémico. No selectivo	Ligero	Ácido fosfónico	Arvenses de hoja angosta y ancha, anual y perennes
	Yerba CK	Glifosato	Sistémico. No selectivo	Ligero	Ácido fosfónico	Arvenses de hoja angosta y ancha, anual y perennes
Coadyuvante	DAP-PLUS	Acidificantes, reguladores de pH; polialcoholes y glicoles		Ligero		
Regulador de crecimiento vegetal	Biozyme	Giberelinas, ácido indolacético, zeatina y micronutrientes		Ligero		

Bioestimulante complejo (foliar)	Maxi grown excel	Auxinas, giberelinas, citoquininas y micronutrientes	Ligero
Fertilizante complejo (suelo)	Fosfato diamónico	Nitrógeno (18), Fósforo (46%)	Ligero
	Triple 17	Nitrógeno (17%), Fósforo (17%) y Potasio (17%)	Ligero
	Urea	Nitrógeno (46%)	Ligero
