



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA
EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

(PROTECCIÓN Y PRODUCCIÓN VEGETAL)

**PARASITOIDES DEL MINADOR DE LA HOJA DE LOS CÍTRICOS Y
DEL PSÍLIDO ASIÁTICO EN LA COSTA DE OAXACA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

URIEL BAEZA NAHED

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ GARCÍA



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

SIP-14

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 11 del mes de enero del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada:

Parasitoides del minador de la hoja de los cítricos y del psílido asiático en la Costa de Oaxaca

Presentada por el alumno:

Baeza Apellido paterno	Nahed materno	Uriel nombre(s)
Con registro:		
B	0	5
1	3	0
8		

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
 Director de tesis

[Signature]
 Dr. José Antonio Sánchez García

[Signature]
 Dr. Jaime Ruiz Vega

[Signature]
 M. en C. Laura Martínez Martínez

[Signature]
 Dr. Néstor Bautista Martínez

[Signature]
 M. en C. Manuel Enrique Ovando Cruz

LA PRESIDENTA DEL COLEGIO

[Signature]
 Dra. María del Rosario Arnaud Viñas





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 11 del mes enero del año 2008, el (la) que suscribe **BAEZA NAHED URIEL** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B051308**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Sánchez García y cede los derechos del trabajo titulado: **“Parasitoides del minador de la hoja de los cítricos y del psilido asiático en la Costa de Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: posgradoax@ipn.mx ó ubn80@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


BAEZA NAHED URIEL



**INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
CENTRO UNIDAD OAXACA**

RESUMEN

El minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, y el psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama, son plagas exóticas, que representan una amenaza para la producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle), principal actividad citricola en el estado de Oaxaca. Un manejo apropiado de estas plagas, debe de considerar a los enemigos naturales, en especial a los parasitoides. El objetivo de este trabajo consistió en determinar a los parasitoides asociados a *P. citrella* y *D. citri* y cuantificar su importancia en el control de estas plagas en la Costa del estado de Oaxaca, México. Para los muestreos se emplearon tres huertos localizados en las comunidades de Río Grande, San José y El Faisán, pertenecientes al municipio de Tututepec de Melchor Ocampo; el periodo de estudio fue de mayo del 2006 a abril del 2007 para el minador y de septiembre del 2006 a mayo del 2007 para el psílido. Los parasitoides asociados a *P. citrella* fueron *Chrysocharodes* sp. y *Cirrospilus floridensis* Evans, ambos son parasitoides nativos y pertenecen a la familia Eulophidae. *Chrysocharodes* sp fue la especie dominante, presento una abundancia relativa media de 72.4%, mientras que la abundancia de *Cirrospilus floridensis* fue de el 27.6%. En conjunto ocasionan un parasitismo medio anual del 42% y estos valores pueden alcanzar hasta el 76%. La densidad poblacional de *P. citrella* siempre fue baja, los brotes infestados nunca fueron más del 30%, el número de estados inmaduros por brote en promedio fue de 1.8, y el número de inmaduros por hoja de 0.16. Para *D. citri* se observó la presencia del parasitoide exótico *Tamarixia radiata* (Waterst) (Hymenoptera: Eulophidae), el porcentaje de parasitismo fue bajo, fluctuó entre 0 y 22.9% con un valor medio de 4.5%. El incremento del parasitismo en los últimos meses de observación parece indicar que *Tamarixia radiata* se encuentra en proceso de establecimiento.

Palabras claves: Parasitoides, Eulophidae, limón mexicano (*Citrus Aurantifolia* Swingle)

ABSTRACT

The citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton, and the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, are exotic pests that represent a threat to the production of Mexican lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle), which is the main activity of citrus production in Oaxaca state. A proper handling of these pests, should consider the action of natural enemies, especially the parasitoids. The aim of this study was to determine the parasitoids associated with *P. citrella* and *D. citri* and quantify their importance in controlling these pests on the coast of the state of Oaxaca, Mexico. For sampling were used three orchards located in the communities of Rio Grande, San Jose and El Faisán belonging to the municipality of Tututepec of Melchor Ocampo. The period of the study was from May 2006 to April 2007 for *P. citrella* and September 2006 to May 2007 for *D. citri*. The parasitoids associated with *P. citrella* were *Chrysocharodes* sp., *Cirrospilus floridensis* Evans, both are native parasitoids and belong to the family Eulophidae. *Chrysocharodes* sp. was dominant, with a mean relative abundance of 72.4%, while the abundance of the *Cirrospilus floridensis* was 27.6%. Overall caused an annual parasitism of 42%, and these values can reach up to 76%. The population density of *P. citrella* always was low, outbreaks were never more than 30%, the number of immatures per bud was 1.8 on average, and a number of 0.16 immature per leaf. For *D. citri* were observed the exotic parasitoid *Tamarixia radiata* Waterst (Hymenoptera: Eulophidae), the percentage of parasitism was low, ranged between 0 and 22.9% with a mean value of 4.5%. The increased parasitism in recent months observation suggests that *Tamarixia radiata* is in the process of establishment.

Keywords: Parasitoids, Eulophidae, Mexican lime (*Citrus Aurantifolia* Swingle)

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, por auspiciar la educación pública.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Unidad Oaxaca).

Al CONACYT por el apoyo económico prestado para mi formación académica como Maestra en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Naturales

Al Dr. José Antonio Sánchez García por su interés y continuas aportaciones durante la realización de esta investigación la cual bajo su dirección fue posible. En igual forma a los asesores e integrantes del jurado examinador por sus indicaciones siempre valiosas.

A mis compañeros y amigos de generación en especial a Lulu, Marisela y Alejandro.

DEDICATORIA

Al Dios de mi entendimiento.

A mis padres Felipe y Gloria, por su apoyo incondicional para poder superarme.

A mis hermanos Magally y Eder.

En especial a Esbeidy y a nuestro pequeño hijo Omar

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Los parasitoides y su importancia en la regulación de poblaciones plagas .	4
3.2. Generalidades del minador de la hoja de los cítricos (MHC)	5
3.2.1. Taxonomía	5
3.2.2. Biología y morfología	6
3.2.3. Origen y distribución	9
3.2.4. Plantas hospederas	10
3.2.5. Daños causados por el MHC	11
3.2.6. Depredadores	13
3.2.7. Parasitoides	14
3.3. Generalidades del psílido asiático de los cítricos	18
3.3.1. Taxonomía	18
3.3.2. Biología y morfología	19
3.3.3. Origen y distribución	20
3.3.4. Plantas hospederas	21
3.3.5. Daños causados	21
3.3.6. Entomopatógenos y depredadores	22
3.3.7. Parasitoides	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1. Localización del área de estudio	26
4.2. Huertos estudiados	27
4.3. Muestreos del MHC y sus parasitoides	31
4.4. Muestreos del psílido asiático y su parasitoides	33
4.5. Identificación de los parasitoides	34
4.6. Determinación del porcentaje de parasitismo	34
4.7. Registros de las condiciones ambientales	35
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Fluctuación poblacional del MHC y sus parasitoides	36
5.1.1. Diferencias en el comportamiento de los huertos estudiados	37
5.2. Parasitoides asociados al MHC	41
5.2.1. Características de la familia Eulophidae	42

5.2.2 <i>Chrysocharodes</i> sp.....	43
5.2.3 <i>Cirrospilus floridensis</i> evans	43
5.3. Fluctuación poblacional del psílido asiático y sus parasitoides	44
5.4. Parasitoides asociados al psílido asiático	47
5.4.1 <i>Tamarixia radiata</i> (weterston)	48
6. CONCLUSIONES.....	50
7. LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Titulo	Pág.
1	Origen y distribución mundial del minador de las hojas de los cítricos, <i>P. citrella</i> . (Tomado de Urbaneja, 2000).....	9
2	El Adulto y los instares ninfales de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama.....	19
3	Ubicación geográfica del municipio Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca, México.....	26
4	Aspecto general del huerto Río Grande. A) Sin cultivos asociados, B) con cultivos asociados.....	28
5	Aspecto general de la huerta San José.....	30
6	Aspecto general del huerto El Faisán.....	31
7	Brotes cubierto con bolsas de organza.....	32
8	Brotes incubados en botes de plástico.....	33
9	Comportamiento de la precipitación y la temperatura durante el período de estudio.....	35
10	Porcentaje de brotes infestados en los tres huertos estudiados en la Costa de Oaxaca, durante el período de estudio.	38
11	Número promedio de estados inmaduros (larvas y pupas) por brote en los tres huertos estudiados en la Costa de Oaxaca, durante el período de estudio.....	39
12	Comportamiento del parasitismo en el huerto Río Grande.....	39
13	Comportamiento del parasitismo en el huerto San José.	40
14	Comportamiento del parasitismo en el huerto El Faisán.....	40
15	Abundancia relativa de las dos especies de parasitoides asociados al MHC en la Costa de Oaxaca, de Mayo del 2006 a Abril del 2007.....	41
16	<i>Chrysocharodes</i> sp.....	43
17	<i>Cirrospilus floridensis</i> Evans.....	44

18	Comportamiento de los brotes infestados durante el periodo de estudio en los dos huertos estudiados.....	45
19	Comportamiento de la población del psílido asiático, durante el periodo de estudio, en los dos huertos. (Numero de ninfas que alcanzaron su estado adulto en 50 brotes por huerto)	45
20	Comportamiento del parasitismo, durante el periodo de estudio, en los dos huertos estudiados	47
21	<i>Tamarixia radiata</i> actuando sobre el psílido asiático: a) larva parasitando a ninfa del IV instar, b y c) adulto emergiendo de una ninfa, d) ninfa momificada una vez emergido el parasitoide.....	48
22	Adultos de <i>Tamarixia radiata</i> : a) Machos, b) Hembras.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Géneros de la superfamilia Chalcidoidea citados sobre el MHC en el mundo (Tomado de Urbaneja, 2000).....	15
2	Parasitoides nativos de América reportados para el MHC (Tomado de LaSalle y Peña, 1997)	16
3	Ubicación, altura y plagas estudiadas en los huertos seleccionados	27
4	Principales diferencias entre los huertos estudiados	31
5	Fluctuación poblacional del MHC y el parasitismo que enfrenta en la Costa del Estado de Oaxaca (valores promedio de los tres huertos estudiados).....	36
6	Infestación media anual del MHC y sus niveles de parasitismo en los tres huertos estudiados	38
7	Abundancia relativa y número de individuos de las especies parasitoides encontradas en los tres huertos muestreados	41
8	Infestación media del psílido asiático y sus niveles de parasitismo en los dos huertos estudiados.....	46

1. INTRODUCCIÓN

La principal actividad citricota en el estado de Oaxaca es la producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), con un estimado de 16,564 hectáreas sembradas (INEGI, 2004) y representa el 1.4% de la superficie total sembrada en el estado, solo después del maíz, café, pastos, frijol, caña de azúcar y mango. Esta actividad aportó un promedio anual de 424.5 millones de pesos, en el periodo 1998-2002, los cuales representan el 5.2% del valor de la producción en el estado (Venegas, 2004).

México figura como el principal productor de limas y limones a nivel mundial, con el 15% de la superficie sembrada y el 16% del volumen producido, para ello son consideradas tres especies: el limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle), el limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka) y el limón verdadero o italiano (*Citrus limón*, Burm), de estas especies el limón mexicano contribuye con el 80% de la producción, la cual está destinada principalmente al consumo nacional (González y Silva, 2003).

La producción del limón mexicano se desarrolla principalmente en los estados de la costa del Pacífico, de éstos sobresalen Colima y Michoacán. Por su parte Oaxaca ocupa el tercer lugar con el 17.4% de la superficie y el 16.1% de la producción. En el estado, la región de la costa, abarca el 74.9% de la superficie sembrada e involucra a más de 1500 productores (Venegas, 2004).

Las plagas constituyen una parte de las problemáticas que enfrenta la citricultura en la región, éstas se ven favorecidas por el clima cálido de la costa del Pacífico, con la ausencia de un invierno bien definido y con la tendencia del limón mexicano a un crecimiento continuo con múltiples brotaciones a lo largo del año. En la región destacan, según Venegas (2004) la mosquita blanca, la araña roja, el minador de la hoja de los cítricos y la mosca prieta. En los últimos años se ha sumado una nueva amenaza, el psílido asiático de los cítricos.

Tanto el minador de la hoja de los cítricos (MHC), *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), como el psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama

(Hemiptera: Psyllidae), son plagas exóticas originarias del sureste asiático, ambas comparten nichos ecológicos similares, al alimentarse principalmente de hojas recién formadas de brotes tiernos.

Phyllocnistis citrella se registró en México a partir de 1994 (Ruíz y Coronado, 1994), rápidamente se diseminó en todas las regiones cítricas y mostró una gran capacidad de infestación, atacando el follaje de los árboles, ocasionando la caída de hojas jóvenes, reduciendo la capacidad fotosintética y por tanto la disminución en la producción de fruta, por lo que fue considerada una seria amenaza. En la actualidad esta plaga se encuentra controlada, principalmente por la acción de sus enemigos naturales, destacándose los parasitoides.

Diaphorina citri es la nueva amenaza que enfrenta la citricultura nacional, su presencia se reportó por primera vez en el país a mediados del 2003 (Coronado-Blanco y Ruiz-Cancino, 2004), además del daño físico que ocasiona, su importancia radica en que es el principal vector de transmisión de la enfermedad conocida como greening o huanglongbing (HLB) causado por la bacteria *Liberobacter asiaticum*. Esta enfermedad ocasiona una muerte regresiva de los árboles y es considerada una de las más serias en Asia, por el momento no se ha reportado en el país, sin embargo su llegada es eminente ya que se presenta en los Estados Unidos desde el 2006 (Bouffard, 2006).

El control químico tanto para el MHC como para el psílido asiático en muchos casos ha mostrado ser insuficiente, además, este tipo de control suele desarrollarse de manera inapropiada lo cual a mediano plazo ocasiona más daños que beneficios. Un manejo apropiado de dichas plagas debe de considerar la habilidad de los enemigos naturales para regular sus poblaciones, especialmente a los parasitoides.

En México, por lo menos 11 especies de parasitoides nativos, principalmente miembros de la familia Eulophidae, están reportados atacando al MHC. Por otra parte existen reportes de la presencia de *Tarixia radiata* en el país, un parasitoide introducido, actuando sobre el psílido asiático de los cítricos. No obstante, es poco lo que se sabe sobre la actividad de estos parasitoides en el estado de Oaxaca.

2. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo general*

Identificar a los parasitoides asociados ha *Phyllocnistis citrella* Stainton (MHC) y ha *Diaphorina citri* Kuwayama (psílido asiático) y cuantificar su importancia en el control de estas plagas en la costa del estado de Oaxaca sobre huertos de limón mexicano.

2.2. *Objetivos específicos*

- Identificar las especies de parasitoides asociados al MHC en huertos de limón mexicano.
- Identificar las especies de parasitoides asociados al psílido asiático, en huertos de limón mexicano.
- Determinar el porcentaje de parasitismo que presenta de manera natural tanto *Phyllocnistis citrella*, como *Diaphorina citri*.
- Conocer la fluctuación poblacional de *Phyllocnistis citrella* y sus parasitoides.
- Conocer la fluctuacion poblacional de *Diaphorina citri* y sus parasitoides.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. *Los parasitoides y su importancia en la regulación de poblaciones plagas*

Los parasitoides son insectos que como larvas se desarrollan y alimentan en el cuerpo de otro artrópodo, usualmente insectos. El resultado de la alimentación de la larva del parasitoide es la muerte del huésped (Godfray, 1994). Se diferencian de las formas típicas de parasitismo por tres características: a) únicamente se puede considerar que son parasíticos los estados larvarios del parasitoide, que además tienen adaptaciones típicas en su forma de vida, los adultos no difieren de las especies de vida libres, salvo en su comportamiento de puesta, b) la larva suele matar a su huésped, que en general es otra especie de insecto y más raramente otro pequeño invertebrado, c) el parasitoide es relativamente grande en relación al huésped (Davies, 1988).

Existen varios tipos de infestación por parasitoides. El parasitismo primario implica el ataque a huéspedes de vida libre (principalmente insectos fitófagos), mientras que los hiperparasitoides atacan a los estados inmaduros de especies que a su vez son parasíticas y pueden ser parasitoides secundarios o incluso terciarios (Godfray, 1994).

La mayoría de los parasitoides pertenecen al orden Hymenoptera o Díptera. Existen probablemente cerca de 50,000 especies de parasitoides himenópteros descritos (LaSalle y Gauld, 1991), 15,000 de dípteros y cerca de 3,000 especies de otros órdenes (Eggleton y Belshaw, 1992). Godfray (1994), Menciona que del total de los insectos descritos, el 8.5% lo constituyen los parasitoides.

El parasitismo en el orden Hymenoptera, se presenta en todos los *Ichneumonoidea* y en la mayoría de los *Chalcidoidea*; pero también ocurre en otros grupos más pequeños como los *Proctotrupoidea*, *Scoliidae* y *Dryinidae* (Davies, 1988). Los himenópteros parasitoides desempeñan un papel importante en el equilibrio de los ecosistemas terrestres a través de su habilidad para regular las poblaciones de

insectos fitófagos. Limitan el tamaño poblacional de especies que de lo contrario dejarían fuera de competencia a otras especies, de esta forma se mantiene una elevada diversidad de insectos herbívoros, ellos también pueden prevenir que los herbívoros diezmen a sus plantas hospederas. Adicionalmente, las interacciones comunitarias que involucran a parasitoides, parecen ser más estables que aquellas que involucran a los depredadores (LaSalle, 1993).

Los himenópteros parasitoides participan en más del 50% de las cadenas alimenticias de los ambientes terrestres, como por ejemplo en las selvas húmedas (Azevedo y Santos, 2000).

La importancia de los parasitoides, se pueden observar a partir de proyectos de control biológico. La eliminación de una o unas pocas especies de parasitoides en una zona bajo control biológico puede dar lugar a un masivo resurgimiento de poblaciones plagas, y esto puede eventualmente resultar en la exclusión de otras especies fitófagas e incluso la defoliación o muerte de plantas. Con quizás varios cientos de miles de especies de parasitoides, uno puede asumir que muchos insectos herbívoros en ecosistemas naturales son mantenidos en densidades bajas con similares niveles de control (LaSalle, 1993).

3.2. Generalidades del minador de la hoja de los cítricos (MHC)

3.2.1. Taxonomía

Orden: Lepidoptera
Familia: Gracillariidae.
Subfamilia: Phyllocnistinae
Género: Phyllocnistis
Especie: *Phyllocnistis citrella* Stainton

Sinónimo: *Phyllocnistis saligna* (Kurisaki, 1913)

Nombre comun. Español: minador de la hoja de los cítricos
Inglés: citrus leaf miner
Francés: mineuse des fevilles du citronnier

3.2.2. Biología y morfología

El adulto es una pequeña polomilla que puede llegar a medir unos 4-5 mm de expansión alar, pero solamente unos 2 mm cuando permanece en reposo. Es el único estado que se desplaza entre plantas y es el que elige el substrato donde realizar la puesta. Ambos sexos, son de color blanco plateado y presentan varias franjas de color oscuro en sus alas, éstas tienen en su extremo un punto negro característico, son plumosas y poseen pelos marginales. No existen diferencias morfológicas externas aparentes entre sexos, aunque se pueden distinguir observando los caracteres sexuales de los últimos segmentos del abdomen (Garrido, 1995).

Los huevos son de forma lenticular, muy pequeños de 0,3 x 0,2 mm, planos. Recién puestos son transparentes y adquieren una coloración amarillenta cuando están cerca de la eclosión (Heppner, 1993). Son difíciles de ver a simple vista y se pueden confundir fácilmente con pequeñas gotas de agua o melaza.

Las larvas se encuentran siempre bajo la cutícula de la hoja. Una vez completado el desarrollo embrionario, la larva comienza a rasgar el corión del huevo, por la zona de contacto con la cutícula perforando también a esta última. De esta forma, la larva queda sobre el parénquima foliar y protegida bajo la cutícula. A partir de aquí, la larva va separando mediante sus mandíbulas las células epidérmicas de las parenquimáticas, succionando los jugos producidos y consumiendo en todo momento la capa de células epidérmicas situada bajo la cutícula (Nucifora y Nucifora, 1997) y respetando el mesófilo de la misma (Garrido *et al.*, 1998). Las larvas pasan por cuatro estadios larvarios. A continuación se indican las principales características de cada uno de ellos (Garrido, 1995):

Primer estadio. Es de color verde muy claro, casi transparente. La cabeza es más ancha que el resto del cuerpo. Realizan un recorrido casi invariable en la mayor parte de los casos. Inmediatamente tras iniciar la galería, la larva se orienta hacia la nervadura central de la hoja y después continúa haciendo la galería paralela y pegada al nervio central en dirección a la parte basal de la hoja.

Segundo estadio. Su color es amarillo claro. La anchura de la cabeza es similar al protórax. El tubo digestivo es visible pero no evidente. Empieza haciendo la galería en la dirección apical de la hoja, describiendo una línea más o menos sinuosa.

Tercer estadio. Su color es amarillo, más intenso que el correspondiente al segundo estadio. La anchura de la cabeza es similar al resto del cuerpo. Los segmentos son claramente visibles y el tubo digestivo se observa con facilidad. El recorrido de la mina es muy aparente. Las galerías se hacen más patentes y sinuosas pudiéndose observar en su interior una línea de color oscuro producida por los excrementos depositados. Es el estadio larvario que mayores daños produce.

Cuarto estadio o prepupa. Su cuerpo adquiere una forma cilíndrica de color amarillo pálido. Este estadio deja de alimentarse y el aparato bucal se transforma en un pequeño tubo, por donde emite unos finos hilos de seda que le permitirán formar la cámara pupal. Normalmente forma la cámara pupal en el borde de la hoja, aunque en algunas ocasiones se puede encontrar en otras posiciones, aprovechando cualquier rugosidad o pequeña depresión existente en la misma. La prepupa produce un tejido sedoso que al secarse se contrae y hace que la porción de la hoja donde se encuentre se pliegue. De esta forma, la pupa queda totalmente protegida del exterior, por una parte gracias al tejido sedoso y por otra gracias a la hoja. Este tejido es inicialmente de color blanco que con el tiempo adquiere color anaranjado.

La pupa o crisálida, tiene una coloración amarilla-marrón, y se va haciendo más oscura a medida que van pasando los días. En la cabeza, se pueden observar claramente los ojos, así como una formación muy quitinosa, con aspecto de espina que utiliza el insecto para perforar el velo sedoso de la cámara pupal antes de su salida (Garrido, 1995).

El minador de la hoja de los cítricos puede presentar hasta 13 generaciones al año, de acuerdo con las condiciones climáticas y de la planta hospedera, en la que pueden existir todos los estados biológicos simultáneamente (Garrido, 1995).

El adulto es activo desde unas horas antes del atardecer, hasta unas horas después del amanecer, es decir de hábitos crepusculares. El resto del día permanece oculto bajo las hojas o en zonas sombreadas. Durante este tiempo, no vuela si no es inquietado (Garrido, 1995). La proporción de sexos suele estar en torno a 1:1 (Urbaneja, 2000).

La fecundidad de *P. citrella* es variable, se puede obtener a lo largo de la vida de una hembra entre 7 y 133 huevos (Chagas, 1999; Das *et al.*, 1998). La fecundidad se encuentra claramente influenciada por la temperatura. La máxima fecundidad se alcanza a los 25°C con una media de 70 huevos/hembra (Margaix *et al.*, 1998).

Las hembras de *P. citrella* prefieren realizar la puesta sobre retoños foliares, en hojas cuyo tamaño oscila entre los 10 y 35 mm, lo hacen cerca de la nervadura central del envés de las hojas jóvenes aún plegadas y por lo general un huevo por hoja, como máximo dos, a medida que las hojas se van expandiendo y el haz de la hoja se hace más accesible la postura ocurre igualmente en ambos lados (Sánchez *et al.*, 2002).

La longevidad de vida de los adultos está influenciada por la temperatura, y es superior en hembras que en machos. A bajas temperaturas (15 °C) las hembras viven 33.6 ± 5.1 días y los machos 21.6 ± 5.1 días. Por otra parte a temperaturas altas (30 °C), las hebras viven 6.3 ± 1.2 días y los machos 3.7 ± 0.9 días. Los adultos de minador pueden soportar durante bastante tiempo las bajas temperaturas del invierno, sin necesidad de realizar la puesta. De este modo, cuando las temperaturas les son de nuevo favorables y existan brotes receptivos, pueden reanudar su ciclo (Minsheng *et al.*, 1995).

De acuerdo con Sánchez *et al.* (2002), la duración de las fases de desarrollo de *P. citrella*, con una temperatura promedio de 27 °C, es de 2.35 ± 0.23 días para los huevos, 4.25 ± 0.23 días para larvas, 1.03 ± 0.13 para las prepupas y 6.58 ± 0.61 para pupas. De esta forma tenemos que el ciclo biológico de huevo a adulto es de 14.21 ± 1.29 días. Otros estudios mencionan que bajo condiciones frías las fases de desarrollo se prolongan, así pues la incubación de los huevos puede durar hasta 10 días, la fase larvaria (desde la eclosión hasta pupa) puede transcurrir hasta en 20

días y para las pupas alcanza un máximo de hasta 22 días (Smith y Hoy, 1995). De acuerdo Urbaneja (2000), la duración del ciclo de vida del MHC oscila según la temperatura entre 10 y 59 días.

3.2.3. Origen y distribución

El MHC es originario del sudeste asiático, y fue descrito por primera vez en Calcuta (India) en 1856 por Stainton. Su diseminación a nivel mundial a partir de su zona de origen fue lenta hasta 1993. A partir de ese año, y en muy poco tiempo la distribución de la plaga sufrió grandes cambios, de tal forma que en la actualidad existen muy pocas regiones donde se cultiven cítricos, en que su presencia no haya sido constatada (Hoy y Nguyen, 1997).

El primer reporte de *P. citrella* en América se reportó en Florida en 1993, infestando limón persa. En México se reportó por primera vez en Tamaulipas en 1994, actualmente esta reportado prácticamente en todo el país (Bautista, 1997), el mismo autor también menciona que el minador de la hoja los cítricos, fue detectado en Brasil en 1995 y en Argentina en 1996, por lo que se puede indicar que se encuentra en todo el continente (Figura 1).

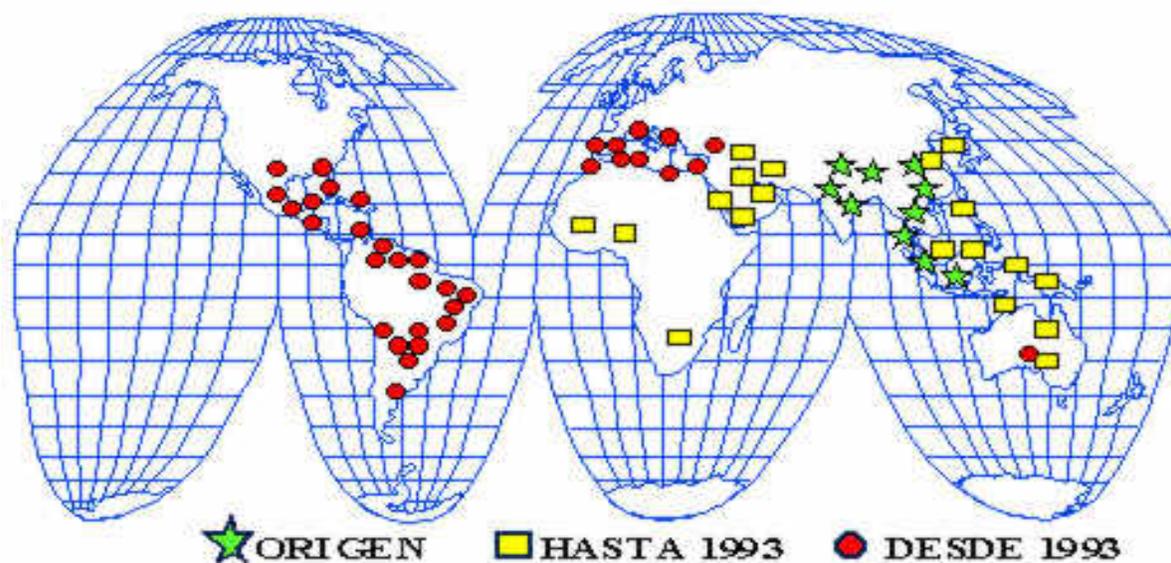


Figura 1.- Origen y distribución mundial del minador de las hojas de los cítricos, *P. citrella*. (Tomado de Urbaneja, 2000).

3.2.4. Plantas hospederas

El minador de las hojas de los cítricos, ataca a más de 57 especies de plantas, y prefiere plantas de la familia Rutaceae, especialmente las pertenecientes al género *Citrus* spp. (Jacas *et al.*, 1997).

Aunque *P. citrella*, es capaz de atacar a todas las especies del género *Citrus*, tiene preferencia por los pomelos (*Citrus maxima* (Burm) Merrill) y toronja (*Citrus paradisi* Maciad). Es común encontrarlo en membrillo de Bengala (*Aegle marmelon* (L.) Correa), limonaria o muralla (*Muraya paniculata* (L.) Jack), naranja trifoliada (*Poncirus trifoliata* Raf.) y *Atalania* sp., todas ellas de la familia Rutaceae. También se han detectado ataques a plantas ornamentales como jazmín, (*Jasminum* spp.) (Olanacea) y en jeringuilla (*Philadelphus coronariud* L.) en donde *P. citrella* no logra completar su ciclo de desarrollo (Heppner, 1993).

Heppner (1993), menciona una lista de 24 plantas hospederas potenciales en Florida dentro de las que destacan: *Amyris balsamifera*, *Amyris elemifera*, *Atalantia ceylenica*, *Casimiroa edulis*, *Citroncirus webberi*, *Citrofortunella microcarpa*, *Citrus* spp., *Dictamnus albus*, *Fortunilla crassifolia*, *Glycosmis parviflora*, *Limonia acidissima*, *Muralla* spp., *Poncirus trifoliata*, *Ptelea trifoliata*, *Ruta graveolens*, *Severinia buxifolia*, *Severina monophylla*, *Thamnosma texana*, *Trihasia trifolia*, *Zanthosylum americanum*, *Zanthosylum clava-herculis*, *Zanthoxylum coriaceum*, *Zanthoxylum fagara* y *Zanthoxylum flavum*.

La información referente a la susceptibilidad de *Citrus aurantifolia* hacia *P. citrella* en comparación con otros cítricos, no es clara, pues *Zhang et al.* (1994) menciona que en la India, las limas y los limones son los más susceptibles y las mandarinas muestran mayor resistencia al ataque del minador, por su parte Peña y Duncan (1993), hacen referencia sobre la evaluación de 35 variedades de cítricos en Florida, en donde todas resultaron dañadas por *P. citrella*, pero en menor índice *C. aurantifolia*, *C. volakameriana*, y *C. lycopersico-formis*. Otro estudio realizado en Honduras por Sponagel y Díaz (1994), menciona que el MHC infesta a todas las

especies de cítricos cultivados incluyendo a *Citrus aurantifolia*, sin mostrar diferencias en cuanto a preferencia.

3.2.5. Daños causados por el MHC

La fase adulta de *P. citrella* no es perjudicial y se alimenta como otras especies de lepidópteros, ingiriendo los néctares secretados por los tejidos florales y foliares de las plantas. El daño es producido por las larvas en sus tres primeros instares o estadios. Los síntomas primarios del daño ocasionado por las larvas son minas y galerías en las hojas de los brotes tiernos y eventualmente en los tallos tiernos, causándoles un alto grado de distorsión y limitando que éstas realicen la función fotosintética de manera adecuada, además cuando los niveles poblacionales son muy elevados y las brotaciones escasas, pueden llegar a dañar el fruto. Al principio, las minas que forman las larvas crecen paralelas a la nervadura central de la hoja, posteriormente en zig-zag y con anchura cada vez mayor (Sponagel y Díaz, 1994). De acuerdo con Rodríguez y Carmelli, (1997) los daños característicos de la plaga son los siguientes:

- Destrucción de las capas protectoras (cutícula y epidermis), exponiendo las hojas a la introducción de patógenos que pueden causar enfermedades en las plantas, como el cáncer de los cítricos y otros.
- La eliminación de las capas protectoras de las hojas, que provoca trastornos en el proceso de evapotranspiración en las mismas, mostrando síntomas de desecamiento, encrespamiento y enrollamiento de la lámina foliar.
- Las minas y galerías que interrumpen el transporte de minerales y compuestos orgánicos, causando clorosis en las hojas.
- Ataques severos, frecuentemente originan un desprendimiento prematuro de las hojas.
- La pérdida del área foliar activa inducida por la acción de este insecto reduce la tasa fotosintética. Esto se traduce en una disminución del rendimiento expresado en menor peso, cantidad y calidad de los frutos (contenido de jugos, azúcares y ácidos).

Un daño indirecto producido por el minador, es el favorecer los ataques de cancrrosis o cáncer de los cítricos. Las lesiones realizadas por las larvas, favorecen la entrada de la bacteria, *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, que es el agente causal de esta enfermedad. Según Graham *et al.* (1997), los daños producidos por el insecto favorecen la infección de la bacteria de dos maneras: primero rompiendo la cutícula de las hojas, con lo que queda el mesófilo expuesto al ambiente, y por tanto libre al contacto directo de la bacteria; y después la larva del insecto que produce la herida se puede contaminar con la bacteria, llevando consigo el inóculo del patógeno a lo largo de las minas, contribuyendo a su expansión. Pero no sólo es la herida producida por el minador lo que facilita la infección por cancrrosis, la mina formada por la larva del insecto permite condiciones de temperatura y humedad relativa en su interior que son muy favorables al desarrollo de la enfermedad.

Son atacadas más intensamente las plantaciones jóvenes, injertadas y huertos con riego, por disponer de brotaciones nuevas de forma continuada (Garrido, 1995). Por ello, para que éstas puedan desarrollarse normalmente y alcanzar su tamaño definitivo, es necesario protegerlas del ataque del minador. En plantaciones adultas estos daños no son importantes y no afectan a la producción (González, 1997).

Como consecuencia de la infestación de *P. citrella*, hay una pérdida de la superficie foliar, lo que repercute en la fotosíntesis y por ende en el rendimiento (Sponagel y Díaz, 1994). Los mismos autores señalan que en Honduras, los cultivos de limón persa y naranja agria tuvieron infestaciones del 75 – 83% en hojas tiernas, lo que redujo el rendimiento en un 30 – 40%.

Knapp *et al.* (1995), señalan que en China los daños por el minador puede ser muy severos ya que la producción se reduce hasta un 50% y los frutos disminuyen su peso de 120 a 70 gramos. En Israel se han registrado infestaciones de hasta 100% en brotes susceptibles a la plaga (Argot *et al.*, 1995).

La presencia del minador de las hojas de los cítricos, puede además provocar que también cambie la importancia que hasta ahora habían tenido otras plagas (Garrido, 1995). El minador ocupa un nicho ecológico que antes de su aparición ocupaban

otros fitófagos como pulgones, ácaros o moscas blancas. Actualmente se ha podido constatar que todos ellos pueden desarrollarse incluso en hojas atacadas por el minador. Una plaga que se ha visto directamente favorecida por la presencia del minador ha sido *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), ya que en las hojas enrolladas por el minador, ha encontrado un lugar ideal para desarrollarse y refugiarse (Garrido, 1995).

3.2.6. Depredadores

Se han registrado numerosos depredadores del MHC, dentro de estos están arañas, crisopas, hormigas, trips, chinches y aves, aunque son pocos los estudios sobre este grupo, pese a que su papel en la regulación de la plaga es muy importante. En Florida, EEUU, Knapp *et al.* (1995) indican que *Chysoperla rufilabris* y *Chrysopa borinesis* (Neuroptera: Chysopidae) y una chinche, *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), son los depredadores mas activos de la plaga.

En España, se mencionan como depredadoras del minador a trips, crisopas., *Orius* spp. (*O. albidipennis*, *O. vicinus*, *O. laticollis* y *O. laevigatus*) y arañas (Urbaneja, 2000).

En China, Tan y Huang (1996), mencionan la existencia de varios depredadores atacando a *P. citrella*. Destacan, *Chrysopa boninensis* y *C. sinica*, el antocórido *Orius minutus*, y algunas especies de arañas y hormigas, sin embargo, la importancia de la depredación en el control del minador en China es escasa, a pesar de la alta especificidad y voracidad que presenta *C. boninensis* sobre el minador.

Urbaneja (2000), menciona la falta de relación entre las poblaciones de minador y la depredación existente, dedujeron que los depredadores se alimentan principalmente de otras plagas, y lo hacen de minador a falta de las especies que generalmente consumen.

En México, se han realizado estudios en el estado de Nuevo Leon, donde se reportan a los depredadores: *Chrysoperla* spp., *Orius insidiosus* (Say), e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Legaspi *et al.*, 2001). En Veracruz, se mencionan a dos especies de hormigas depredadoras: *Crematogaster aff-brevispinosa* y *Conomyrma bicolor*. Además los arácnidos: *Araneus* sp., *Leucauge argyrá* Walckanaer, *Argiope argentata* Fabricius, *Habronatus* sp. y *Thymoites unimaculatum* (Bautista *et al.*, 1998).

3.2.7. Parasitoides

Schauff *et al.* (1998), citan 41 géneros de la superfamilia Chalcidoidea, repartidos en seis familias que han sido identificadas como parasitoides del minador. Estas especies se encuentran en todo el mundo, incluyendo las nuevas áreas colonizadas en los últimos años (Cuadro 1).

En cuanto a las especies de parasitoides más importantes en la zona de origen de la plaga, destacan por su importancia y efectividad los eulófidos: *Citrostichus phyllocnistoides* (Narayanan), *Cirrospilus ingenuus* (Gahan) y *Quadrastichus* sp. así como el encírtido: *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya. Estas cuatro especies han sido objeto de introducción en las nuevas áreas colonizadas por el minador (Smith y Hoy, 1995).

En 1994, dos parasitoides (*Ageniaspis citricola* Logvinovskaya (Hymenoptera: Encyrtidae) y *Cirrospilus quadristriatus*, ahora *C. ingenuus* Gahan (Hymenoptera: Eulophidae) del MHC fueron importados de Australia, Tailandia, Taiwán y liberados en Florida (USA.). Ambos parasitoides se han establecido en Florida, y *A. citricola* se ha convertido en el dominante mientras que *C. ingenuus* no ha tenido ningún efecto aparente. *A. citricola* también ha sido introducido en Bahamas, Bermudas, Brasil, Chile, México y Honduras (Hoy y Nguyen, 1997).

Cuadro 1. Géneros de la superfamilia Chalcidoidea citados sobre el MHC en el mundo (Tomado de Urbaneja, 2000).

Familia	Genero
EULOPHIDAE	1. <i>Diglyphus</i> *, 2. <i>Cirrospilus</i> , 3. <i>Zagrammosoma</i> *, 4. <i>Semielacher</i> , 5. <i>Ascotolinx</i> . 6. <i>Stenomesus</i> , 7. <i>Elachertus</i> , 8. <i>Ratzeburgiola</i> *, 9. <i>Pnigalio</i> . 10. <i>Sympiesis</i> , 11. <i>Notanisomorphella</i> *, 12. <i>Tetrastichus</i> , 13. <i>Quadrastichus</i> , 14. <i>Citrostichus</i> , 15. <i>Cryptastichus</i> *, 16. <i>Baryscapus</i> *, 17. <i>Aprostocetus</i> *, 18. <i>Apotetrastichus</i> *, 19. <i>Galeopsomyia</i> *, 20. <i>Horismenus</i> *, 21. <i>Pediobius</i> , 22. <i>Aplerotropies</i> . 23. <i>Kratoysma</i> . 24. <i>Zaommomentedon</i> , 25. <i>Platocharis</i> *, 26. <i>Pleurotroppopsis</i> , 27. <i>Holcopelte</i> , 28. <i>Chrysocharodes</i> *, 29. <i>Chrysocharis</i> , 30. <i>Achrysocharoides</i> , 31. <i>Neochrysocharis</i> *, 32. <i>Closterocerus</i> , 33. <i>Asecodes</i> .*
ELASMIDAE	34. <i>Elasmus</i> .
ENCYRTIDAE	35. <i>Ageniaspis</i> .
EUELMIDAE	36. <i>Eupelmus</i> *.
EURYTOMIDAE	37. <i>Eurytoma</i> .
PTEROMALIDA	38. <i>Asophoideus</i> , 39. <i>Trichomalopsis</i> , 40. <i>Catolaccus</i> *, 41. <i>Pteromalus</i> *.

Referente a los parasitoides nativos del MHC en América, se mencionan a 23 especies, mayoritariamente de la familia Eulophidae, pero también incluye a las familias Elasmidae, Eupelmidae y Pteromalidae. De México incluyen a 11 especies, en el Cuadro 2 se enlistan dichas especies (Schauff *et al.*, 1998).

Ruíz-Cancino *et al.* (2001), realizaron estudios en Tamaulipas y el norte de Veracruz, en donde encontraron a 11 especies de parasitoides, diez de la familia Eulophidae y un Elasmidae, el genero *Cirrospilus* fue el mas abundante y diverso, representando cerca del 90% de los parasitoides encontrados.

En Colima, se detectaron los eulófidos: *C. quadritriatus* (Subba Roa y Ramamani), *Zagrammosoma multilineatum* (Ashmead), *Closteroserus sp.*, *Horismenus sp.*, el elásmido: *Elasmus sp.*, un género no identificado de la familia Encyrtidae y dos especies de la familia Eulophidae sin identificar (Perales *et al.*, 1996).

* Indica géneros que no han sido citados como parasitoides del MHC en Asia, pero que se han encontrado en las nuevas áreas geográficas invadidas por el MHC

Cuadro 2. Parasitoides nativos de América reportados para el MHC (Tomado de LaSalle y Peña, 1997).

Especie	Ubicación
EULOPHIDAE	
<i>Chrysocharis</i> sp.	Honduras
<i>Chrysocharodes</i> sp.	Colombia, Mexico
<i>Cirrospilus nigrivariegatus</i> Giralult	EU: Florida
<i>Cirrospilus</i> sp. A	Honduras, México, Nicaragua, EU: Florida, Venezuela
<i>Cirrospilus</i> sp. B	Honduras, Perú
<i>Cirrospilus</i> sp. B	Argentina, Brasil, Colombia, Honduras, México
<i>Closterocerus cinctipennis</i> Ashmead	EU: Florida, Texas
<i>Closterocerus</i> sp. o spp.	Colombia, Honduras, México
<i>Diglyphus begini</i> (Ashmead)	EU: Florida
<i>Elachertus</i> sp. o spp.	Argentina, Honduras, EU: Florida
<i>Galeopsomyia fausta</i> LaSalle sp. n.	Argentina, Brasil, Colombia, Honduras, México, Nicaragua, Puerto Rico
<i>Horismenus sardus</i> (Walker)	EU: Florida
<i>Horismenus</i> sp. o spp.	Brasil, Colombia, Honduras, México, Nicaragua, Puerto Rico
<i>Pnigalio minio</i> (Walker)	EU: Florida
<i>Pnigalio</i> sp. o spp.	México, EU: Florida, Texas
<i>Sympiesis</i> sp.	EU: Florida
<i>Zagrammosoma americanum</i> Girault	EU: Florida
<i>Zagrammosoma multilineatum</i> (Ashmead)	Colombia, México, EU: Florida
<i>Zagrammosoma</i> sp. o spp.	México, Puerto Rico, EU: Texas, Venezuela
ELASMIDAE	
<i>Elasmus tischeriae</i> Howard	México, EU: Florida
<i>Elasmus</i> sp. o spp.	Brasil, Colombia, México, Nicaragua
EUELMIDAE	
<i>Eupelmus</i> sp.	Brasil
PTEROMALIDAE	
<i>Catolaccus aeneoviridis</i> (Girault)	EU: Florida

Legaspi *et al.* (1999), agregan a la lista la presencia de *Tetrastichus* sp una especie de Proctotrupidae y otra de Ceraphronidae sin identificar.

Para el estado de Oaxaca, Del Real y Castro (1996), mencionan la presencia de los parasitoides de la familia Eulophidae: *Cirrospilus sp.*, y *C. quadritriatus*, *Closteroserus sp.*, *Zagrammosoma multilineatum* y de la familia Elasmidae: *Elasmus sp.*

El control natural de *P. citrella* a causa de sus parasitoides es de suma importancia, así pues estudios realizados en India (Guerout, 1974) mencionan que existe de 30 a 50% de mortalidad ocasionado por las especies *Amatellus sp.*, *Elasmus sp.*, *Tetrastichus sp.*, y *Cirropiloides phyllocnistoides*. En el sur de China se menciona que *Tetrastichus phyllocnistoides* presenta una tasa de parasitismo del 67%, otras especies importantes en China son *Citrostichus phyllocnistoides* y *Cirrospilus quadritriatus* ya que causan un parasitismo de 26.2 a 55.3% y 7.4 a 49.6% respectivamente (Smith y Hoy 1995).

En Australia, las parasitoides nativos más comunes son: *Cirrospilus ingenuus* (Gahan), *Semielacher petiolatus* (Girault) y *Sympiesis sp.* (Hymenoptera: Eulophidae), estas logran un parasitismo de más del 60% reduciendo así la severidad de las infestaciones (Beattie y Smith, 1996; citado por Avendaño, 2000).

En Valencia, España, Urbaneja (1998) encontró a seis parasitoides nativos ejerciendo un parasitismo de 5 a 60%, las especies dominantes fueron *Pnigalio pectinicornis*, *Cirrospilus* próximo a *lynxus* y *C. picus*. Estos parasitoides causaron el 97% del parasitismo.

Cano (1996) menciona que en Nicaragua los parasitoides nativos ejercen un parasitismo de 28 a 60%, siendo *Galeopsomya fausta* el parasitoide más común, con una abundancia relativa de 45%, seguido de *Horismenus sp.* (36%), *Cirrospilus sp.* (9%) y *Elasmus sp.* (9%).

Estudios realizados por Legaspi *et al.* (2001), mencionan que en Nuevo León, el parasitismo medio que sufre el MHC, es de 20%, siendo *Zagrammosoma multilineatum* la especie dominante con el 38% de la abundancia relativa. El mismo

estudio hace referencia a muestreos realizados en Texas (E.U.) entre 1997 y 1999, indica una disminución en el complejo de parasitoides nativos, al parecer causada por la baja densidad poblacional de *P. citrella*.

Bautista *et al.* (1998) realizaron estudios de parasitoides relacionados con *P. citrella* en Cuitlahuac, Veracruz y encontraron un parasitismo de hasta 70%, ejercido por las especies: *Cirrospilus* spp. *Elasmus tischeriae* parasitando larvas y pupas, *Galeopsomyia* sp. en larvas y prepupas y *Horismenus* sp. parasitando pupas y prepupas.

3.3. Generalidades del psílido asiático de los cítricos

3.3.1. Taxonomía

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Psylloidea

Familia: Psyllidae

Género: *Diaphorina*

Especie: *Diaphorina citri* Kuwayama

(Triplehorn y Johnson, 2005).

Kuwayama describió a la especie por primera vez en 1907, de especímenes obtenidos en Shinchiku, Taiwán. Las especies de *Diaphorina* usualmente son separadas basándose en el patrón de manchas de las alas anteriores y en la forma de los conos genitales. *D. citri* tiene un distintivo patrón en sus alas anteriores que permiten separarlo fácilmente de muchas otras especies reportadas en cítricos.

3.3.2. Biología y morfología

Los adultos de este insecto miden de 3-4 mm de longitud, cuerpo marrón moteado recubierto de polvo ceroso, cabeza marrón, ojos rojos. Las antenas presentan el ápice negro con dos manchas marrón claro en la parte media. Las alas, más anchas en el tercio apical, presentan manchas marrón oscuro a lo largo del borde de las alas (Carmeli *et al.* 2000).

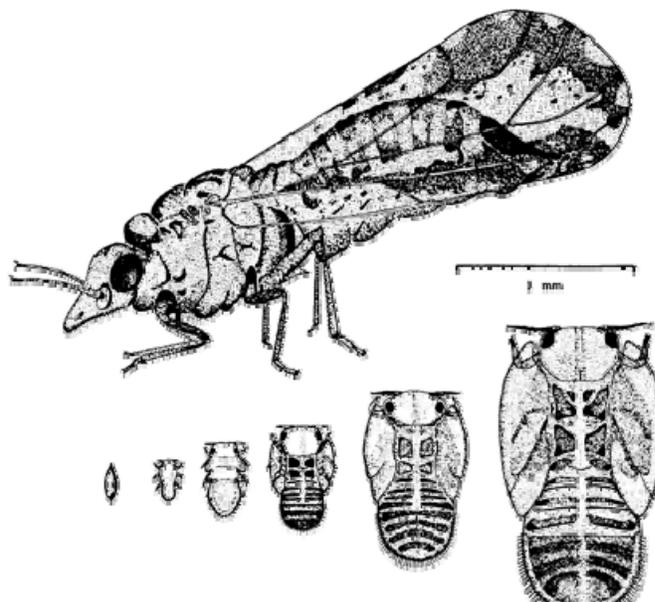


Figura 2. El Adulto y los instares ninfales de *Diaphorina citri* Kuwayama

Los huevos son colocados verticalmente en los ápices de los brotes o en los primordios foliares, requieren un periodo de incubación de dos a tres días antes de eclosionar, son alargados, de 0,3 mm de longitud, recién colocados son de color amarillo claro, tornándose anaranjados próximos a eclosionar. La hembra es capaz de poner hasta 800 huevos durante su vida (Chavan y Summanwar, 1993).

Presenta cinco instares ninfales, los cuales son completados en un periodo de 11 a 15 días, las ninfas son de color anaranjado amarillento, el primer instar del insecto mide 0,25 mm de longitud y el último de 1,5 a 1,7 mm, en total el ciclo de vida del insecto toma entre de 15 a 47 días, dependiendo de la temperatura (Chavan y Summanwar, 1993).

En la India los adultos pueden vivir 190 días en invierno, pero sólo 20 días en verano (Chavan y Summanwar, 1993). Las mayores densidades de población son en los meses secos, disminuyendo en los meses de mayor precipitación (Chavan y Summanwar, 1993; Gravena *et al.*, 1996).

Para el hemisferio Oeste, Liu y Tsai (2000) estudiaron la biología de *D. citri* a diferentes temperaturas, encontrando que las poblaciones del Psílido colocadas a temperaturas menores 10°C y mayores de 33°C no se desarrollaron. Entre 15°C y 30°C, el período promedio de desarrollo desde huevo hasta adulto varió de 49,3 días a 15°C hasta 14,1 días a 28°C. Liu y Tsai (2000) determinaron que el rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de la población de *D. citri* es de 25-28°C.

Aubert (1987), menciona como factores ambientales limitantes para el desarrollo de las poblaciones de *D. citri*, a las heladas y a la humedad relativa cercana al punto de saturación, esta última porque favorece el desarrollo de enfermedades fungosas a las cuales las ninfas del psílido son muy susceptibles. A pesar de lo anterior Halbert y Manjunath (2004) menciona que se han observado poblaciones de *D. citri* en comunidades de Florida (USA.) en donde las temperaturas pueden llegar a descender hasta -5°C en sus noches más frías y la alta humedad relativa de la región no previene la extremadamente alta población de la plaga en el verano.

3.3.3. Origen y distribución

El psílido asiático de los cítricos, *D. citri* tiene su origen en el lejano oriente, fue descrito por primera vez en Taiwán en 1907. Se encuentra distribuido en todo el sureste de Asia y en el subcontinente Indio, las islas de Reunión y Mauricio, Arabia Saudita, el sur de Irán y Pakistán (da Graça 1991, Halbert y Manjunath 2004). En el continente Americano fue observado por primera vez en Brasil a inicio de la década de 1940, posteriormente fue localizada en Honduras, Uruguay, Guadalupe, Cuba, Puerto Rico, Venezuela, Argentina y en los Estados Unidos (Etienne *et al.*, 1998; Cermeli *et al.*, 2000; González *et al.*, 2003; Halbert y Manjunath, 2004; Pluke *et al.* 2005).

En México, el primer reporte de *D. citri* se menciona en julio del 2003 en el estado de Tamaulipas (Coronado-Blanco y Ruiz-Cancino, 2004). En enero del 2004, se menciona su presencia en Nuevo León y en algunos estados del centro de la República (Ruiz-Cancino *et al.*, 2004), en los años subsecuentes se ha encontrado en todas las regiones citricolas del país.

3.3.4. Plantas hospederas

D. citri es una especie oligófaga, se reportan por lo menos 54 especies de plantas hospederas, principalmente del genero *Citrus*, además de ello, existe una gama de géneros en la familia Rutaceae que suelen hospedarlos. Estos géneros son: *Aegle*, *Aeglopsis*, *Afraegle*, *Atalantia*, *Balsamocitrus*, *Citropsis*, *Clausena*, *Murraya*, *Fortunella*, *Linonia*, *Merrillia*, *Microcitrus*, *Pamburus*, *Poncirus*, *Severinia*, y *Swinglea* (Viraktamath y Bhumannavar, 2002; Koizumi *et al.*, 1996; Chavan y Summanwar, 1993; Lim *et al.*, 1990; Garnier y Bové 1993; Halbert y Manjunath 2004).

Murraya paniculata (L.) Jack, es una especie de uso ornamental muy común en México, Estados Unidos y las Islas del Caribe, y se destaca en la región por ser una especie no cítrica que sirve como hospedante alternativo de *D. citri* (González *et al.*, 2003; Halbert y Manjunath, 2004).

3.3.5. Daños causados

El daño directo de *D. citri* es causado por ninfas y adultos al extraer grandes cantidades de savia en las hojas y pecíolos, se manifiestan como enrojecimiento, clorosis, necrosis en los tejidos y caída de las hojas, lo cual debilita a las plantas (González *et al.*, 2003). A pesar de lo anterior *D. citri*, solo es considerada una plaga secundaria por el daño directo que ocasiona, sin embargo este psílido se vuelve sumamente peligroso por ser el principal vector de transmisión de la enfermedad conocida como greening o huanglongbing (HLB) (Halbert y Manjunath, 2004). Hasta el momento esta enfermedad no se ha presentado en México, sin embargo existen reportes de su presencia en Brasil (Coletta-Filho *et al.* 2004) y en Florida (E.U.) (Bouffard, 2006), por lo que es de preverse que se presente pronto en el país.

El greening o HLB es causado por la transmisión de la protobacteria *Liberobacter*, el cual habita en el floema de las plantas infestadas (Garnier *et al.*, 2000). Existen dos formas de esta bacteria *Liberobacter asiaticum* para la forma asiática y *Liberobacter africanum* para la forma africana (Tian *et al.* 1996; Su y Hung, 2001), este último es transmitido comúnmente por el psílido, *Trioza eritreae* (Del Guercio) y no por *D. citri*.

El greening o HLB es considerada una de las enfermedades más serias de los cítricos en Asia (Halbert *et al.* 2002). Los primeros síntomas, consisten en un amarillamiento de las hojas de un solo brote o rama, las hojas infectadas muestran una apariencia moteada o a parches. El amarillamiento se disemina a otras partes del árbol y luego siguen un deterioro rápido y una muerte regresiva. En estado avanzado, las hojas son pequeñas y a menudo muestran síntomas similares a deficiencias de zinc o manganeso. Los frutos de los árboles infectados no se desarrollan, tienen formas irregulares y se quedan verdes (Halbert y Manjunath, 2004).

3.3.6. Entomopatógenos y depredadores.

Aubert (1987) indica que los hongos patógenos pueden ser los más importantes factores de mortalidad de *D. citri*. En las islas Reunión la mortalidad llega a ser de 60 a 70% cuando la humedad relativa diaria sobrepasa el 87.9%. En estas islas dos hongos patógenos fueron reportados, incluyendo a *Cladosporium* sp. nr. *oxysporum* Berk y M.A. Curtis y *Capnodium citri* Mont (Aubert, 1987).

Etienne *et al.*, (2001) menciona que el hongo *Hirsutella citriformis* Speare es común durante periodos donde la humedad fue mayor al 80%, esto en la isla Guadalupe, por su parte González *et al.*, (2003) mencionan la presencia de este mismo hongo en Cuba como parte del inventario de enemigos naturales que se presentan en la isla.

Halberte y Majunath, (2004) mencionan que en Florida (USA.) no es común encontrar cadáveres de *D. citri* con huellas de haber muerto a causa de hongos, a pesar de la alta humedad relativa que caracteriza a la región, por lo que no consideran relevante este factor.

Depredadores de *D. citri*, son mencionados en todas las regiones en donde se ha presentado la plaga. Una especie depredadora de *Scymnus* (Coccinellidae) esta reportada en Brasil (Gravena *et al.*, 1996). Sífidos del género *Allograpta* se han encontrado en las islas Reunión, Nepal (Aubert, 1987) y en Florida (Michaud, 2002). Varios coccinélidos y crisópidos se han reportado (Aubert 1987), sin embargo, no se

dispone de información sobre como muchos de ellos actúan para reducir las poblaciones de psílidos.

En Florida, los depredadores más abundantes son *Harmonia axyridis* Pallas y *Olla v-nigrum* Mulsant (Michaud, 2004). *Olla v-nigrum* era una especie relativamente rara antes de la llegada de *D. citri*, pero mostró una marcada respuesta funcional a la llegada de *D. citri* (Michaud, 2001).

Los coccinélidos depredadores son el recurso más importantes para el control biológico de *D. citri* en la Florida (Michaud, 2004). Michaud (2004) en Florida y Al-Ghamdi (2000) en Arabia Saudita, han observado que las arañas pueden ser importantes depredadores *D. citri*. En Arabia Saudita, las arañas representan el 33,6% del total de los depredadores (Al-Ghamdi, 2000).

Varios otros depredadores, incluido un escarabajo histerido, *Saprinus chalcites* Illiger y el carábido, *Egapola crenulata* Dejean, son importantes en Arabia Saudita (Al-Ghamdi 2000). El mismo complejo de depredadores, incluyendo Coccinellidae, Chrysopidae, y Syrphidae existe en Cuba (González *et al.*, 2003).

3.3.7. Parasitoides

Se conocen dos buenos parasitoides primarios de *D. citri*. Uno de ellos es un eulófido ectoparasitoide, *Tamarixia radiata* (Westerston). El otro es un encírtido endoparasitoide, *Diaphorencyrtus aligarhensis*. Ambos parasitoides pueden estar sujetos a alta mortalidad debido a hiperparasitismo (Aubert, 1987; Garnier y Bové, 1993). Waterhouse (1998), reporta 17 especies de hiperparasitoides (incluyendo seis afelinidos, ocho encírtidos, un eulófido, un teromalido y un signiforido). Algunos atacan a ambos parasitoides primarios y otros solo a uno de ellos.

Viraktamath y Bhumannavar (2002) mencionan a *Psyllaephagus diaphorinae* Lin y Tao, como un probable parasitoide primario. Los mismo autores indican que *Syrphophagus taiwanus* Hayat y Lin, *Syrphophagus* (= *Aphidencyrtus*) *diaphorinae* Myartseva y Tryapitsyn, y *Marietta* sp. nr. *exitiosa* Compere probablemente sean

hiperparasitoides, por último se incluye a *Diaphorencyrtus diaphorinae* Lin y Tao, como hiperparasitoides, pero este podría ser parasitoides primario. Cabe mencionar que todos los parasitoides (primarios y los hiperparasitoides) mencionados en las líneas anteriores son originarios del sureste asiático, centro de origen de *D. citri*.

Liu, (1989) menciona que *T. radiata* ocasiona a *D. citri* un parasitismo medio de 36% en verano y 46% en otoño, esto en la provincia de Guangzhou en China. Otros estudios realizados en el este de China registran de 30 a 50% de parasitismos combinado entre *T. radiata* y *D. aligarhensis* (Huang *et al.*, 1999).

Un caso especial, es el de Reunión, en donde *T. radiata* y *D. aligarhensis*, ocasionan hasta un 90% de parasitismo a las ninfas de *D. citri*, este resultado espectacular ocurre bajo circunstancias peculiares en el medio ambiente de una isla, en ausencia de hiperparasitoides (Aubert *et al.*, 1996). La experiencia en el sureste de Asia ha demostrado que los mismos parasitoides no son capaces de reducir las poblaciones del mismo modo (Supriyanto y Whittle 1991).

De acuerdo con Tang, (1989) *T. radiata* aparentemente es más eficiente parasitando a *D. citri* que *D. aligarhensis*. En observaciones realizadas en la isla Reunión *T. radiata* ataca al 60 - 70% de ninfas de *D. citri*, mientras que el parasitismo de *D. aligarhensis* no excede el 20% (Aubert, 1987).

T. radiata y *D. aligarhensis* fueron liberados en Florida (E.U.) (McFarland y Hoy 2001), sin embargo sólo *T. radiata* logró establecerse (Michaud, 2002). Datos de campo obtenidos por Michaud, (2004) indican que el parasitismo de *T. radiata* contribuyó con el 1.3%, 0.2% y 1.0% en la mortalidad de las ninfas del psílido, lo anterior observado respectivamente en tres cohortes, en el centro de Florida. La baja tasa de parasitismo, se debe en gran medida a que más del 95% de los estados inmaduros de *T. radiata* son depredados, principalmente por coccinélidos (Michaud, 2004).

En mayo del 2000 se reportó la presencia de *T. radiata* en Cuba y su acción parasítica fue en aumento conforme se estableció en la isla, así para el año 2000 se

reporto un parasitismo de 30,72% y en los siguientes dos años se encontraron parasitismos de hasta un 97,26%, observando en junio los porcentajes de parasitismos más bajos y de noviembre a diciembre los mayores (González *et al.*, 2003). Los mismos autores mencionan que en Cuba, *T. radiata* está ampliamente distribuido y ha logrado por su especificidad y efectividad asumir el papel protagónico del control natural de *D. citri* en los cítricos cubanos.

En México, se reporta la presencia del parasitóide *T. radiata* por primera vez en agosto del 2003, en el estado de Tamaulipas (Ruiz-Cancino *et al.*, 2004). Es muy probable que *T. radiata* haya migrado del vecino estado de Texas (USA.), ya que en el país no se han realizado liberaciones de este parasitóide.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del área de estudio

El estudio se desarrolló de mayo del 2006 a abril del 2007 para el caso del minador de la hoja de los cítricos y de septiembre del 2006 a mayo del 2007 para el psílido asiático, en el municipio de Tututepec de Melchor Ocampo, ubicado en la región costa del estado de Oaxaca, México (Figura 3). Esta área se localiza a $16^{\circ} 08'$ latitud Norte, $97^{\circ} 36'$ longitud Oeste, con una altura media sobre el nivel de 280 metros. El clima es calido subhúmedo (Aw), con precipitaciones medias anuales de 1200 mm, y con una temperatura media anual de 26°C (INEGI, 2006). Su distancia aproximada a la capital del estado es de 350 kilómetros.

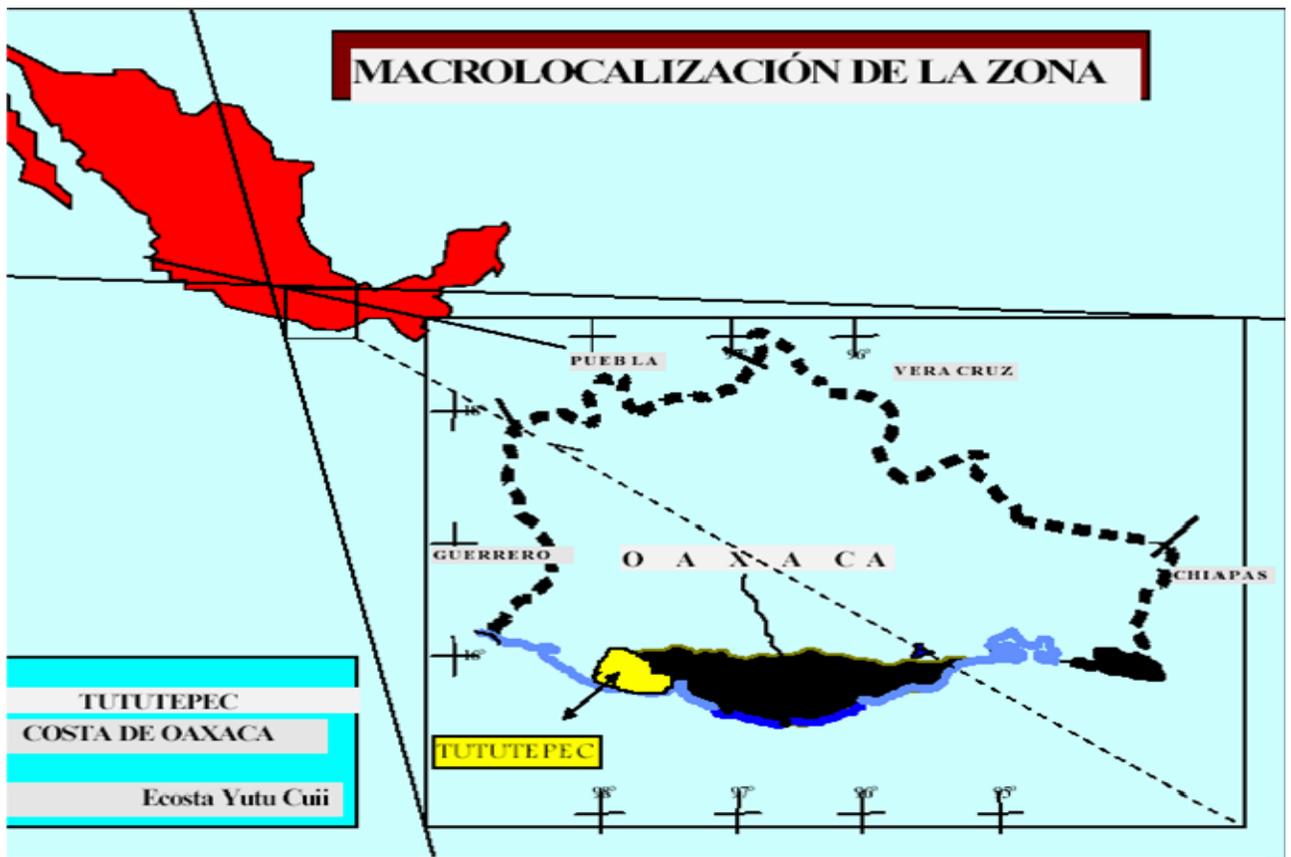


Figura 3. Ubicación geográfica del municipio Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca, México.

4.2. Huertos estudiados

Para desarrollar el estudio, fueron seleccionados tres huertos de limón mexicano para el MHC y dos para el psílido asiático, en diferentes comunidades del municipio, las comunidades fueron Río Grande, San José del Progreso y El Faisán. Estos huertos presentan algunas diferencias en cuanto a su manejo, edad de plantación y ambientes colindantes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ubicación, altura y plagas estudiadas en los huertos seleccionados.

Huerto	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura sobre el nivel del mar (metros)	Plagas
Río grande	15° 59.34´	97° 25.29´	23	MHC y Psílido asiático
San José	16° 05.19´	97° 40.39´	19	MHC y Psílido asiático
El Faisán	16° 07.59´	97° 41.53´	40	MHC

Huerto Río Grande

En este huerto se realizaron observaciones tanto para el MHC como para el psílido asiático, consta de una hectárea, con una edad de plantación de siete años, los arboles fueron injertados sobre porta injertos de *Citrus macrophylla* y *Citrus volkameriana*, esta rodeado por un cerco vivo de árboles de nim (*Azadirachta indica* Juss), en el interior del huerto en la parte norte se localizan algunas matas de plátano y de yuca, en el transcurso del estudio se intercalo con chile costeño, maíz y frijól de guía. Los ambientes colindantes son: al norte con una escuela, al sur con un terreno baldío, al este con árboles de mango y pasto, al oeste con acahual (Figura 4).

La plantación cuenta con riego por medio de micro aspersores, éste se realiza dos veces por semana en el periodo de noviembre a mayo y se deja de aplicar de junio a octubre (época de lluvias). La fertilización se efectúa por medio del sistema de riego con intervalos de dos a tres meses, los productos comerciales aplicados son Fertigro y MAP.

El control de malezas se realizó con herbicidas (glifosato y paraquat), en los meses de noviembre y febrero. Para el control de plagas y enfermedades no se aplicó ningún producto químico ni se realizó alguna actividad específica para ese fin. La poda se realiza una vez al año en los meses de enero y febrero, consiste en una poda de saneamiento, en donde son eliminadas ramas secas y desgajadas, además de eliminar los chupones del área del tronco.

Las cosechas se realizaron durante todo el año, en intervalos de 15 a 20 días; el periodo de mayor producción se da de junio a octubre. Se estima que la producción anual es de 18 toneladas por hectárea.



Figura 4. Aspecto general del huerto Río Grande. A) Sin cultivos asociados, B) con cultivos asociados.

Huerto San José

Al igual que en Río grande se realizaron observaciones para el MHC y para el psílido asiático, este sitio tiene una extensión de tres hectáreas, con una edad de plantación de cinco años. El porta injertos es *C. volkameriana*, y no se encontraron asociados otros cultivos. Los ambientes colindantes son: al norte con huertos de limón abandonado, al sur con pastos, al este con agroindustria, al oeste con huertos de limón abandonado (Figura 5).

El riego fue por medio de micro aspersores, este se realiza cada 48 hrs. en el período de enero a junio y se deja de aplicar de julio a diciembre (época de lluvias y

humedad residual). La fertilización se efectúa de dos maneras: a) por medio del sistema de riego con intervalos de dos meses (Fertigro y MAP); b) directo al suelo una vez al año, entre los meses de enero y febrero, el producto empleado es urea o sulfato de amonio.

En el control de malezas se empleo una combinación del método mecánico y químico, el primer paso consiste en pasar con el tractor una rastra entre los surcos, posteriormente se aplicaron herbicidas (glifosato y paraquat) alrededor de los árboles en donde no alcanzo a llegar la rastra, esta actividad se realiza en diciembre y enero. En los meses de agosto y septiembre se controla la maleza únicamente con herbicidas.

Para el control de enfermedades (antracnosis), se aplicaron tres aspersiones entre los meses de septiembre y octubre, el producto comercial empleado fue el mancozeb. En el caso de las plagas se aplicaron dos aspersiones de malathión en los meses de marzo y abril para tratar de controlar al psílido asiático.

La poda se realiza una vez al año en los meses de enero y febrero, consiste en una poda de saneamiento y de formación, en donde son eliminadas ramas secas y desgajadas, se eliminan los chupones del área del tronco y se despunta la copa del árbol para favorecer el crecimiento horizontal.

Las cosechas se realizan durante todo el año, aunque en los meses de octubre a diciembre es muy baja, los intervalos entre cortes son de 15 a 30 días, el periodo de mayor producción ocurrió en los meses de abril y mayo. Se estima que la producción anual es de 10 toneladas por hectárea, esto debido a que los árboles aún no alcanzan la edad productiva óptima.



Figura 5. Aspecto general de la huerta San José.

Huerto El Faisán

En este huerto sólo se realizaron observaciones para el MHC, consta de diez hectáreas, con una edad de plantación de 12 años, el porta injertos es *C. volkameriana*, no se encuentran asociados otros cultivos (monocultivo). Los ambientes colindantes son: al norte con huertos de limón, al sur con huertos de limón, al este con papaya, al oeste con huertos de limón y plátano (Figura 6).

El riego fue por medio de micro aspersores, el cual se realiza semanalmente, en el periodo de enero a julio y se dejó de aplicar de agosto a diciembre (época de lluvias y humedad residual). La fertilización se efectuó de dos maneras: a) por medio del sistema de riego con intervalos de cuatro mese (Fertigro y MAP); b) directo al suelo una ves al año, entre los meses de enero y febrero, el producto empleado es urea o sulfato de amonio. El control de malezas es similar al empleado en el huerto San José. Para el control de la antracnosis se aplicaron dos aspersiones benlate durante el mes de agosto. Para el control de plagas no se aplico ningún producto químico.

La poda es similar a la realizada en el huerto Río Grande y a diferencia de San José no se realiza el despunte. Al igual que en los otros casos, las cosechas se realizan durante todo el año, los intervalos entre cortes son de 15 a 20 días, el período de mayor producción se da en los meses de abril y mayo. Se estima que la producción anual es mayor a las 20 toneladas por hectárea.



Figura 6. Aspecto general del huerto El Faisán.

Cuadro 4. Principales diferencias entre los huertos estudiados.

Sitio	Agroquímicos	Asociado con otros cultivos	Edad de la plantación	Ambientes colindantes
Río Grande	Herbicidas	Chile, Maíz y Fríjol.	7 años	Árboles de nim, acahuales, árboles de mango, pastos, terrenos baldíos.
San José	Herbicidas Insecticidas Fungicidas	No	5 años	Pastizales, huertos de limón abandonados, zona agroindustrial.
El Faisán	Herbicidas Fungicidas	No	12 años	Huertos de limón, papaya y plátano

En el Cuadro 4 se mencionan las principales diferencias entre los huertos estudiados.

4.3. Muestras del MHC y sus parasitoides

Para determinar la fluctuación poblacional del MHC y sus parasitoides a lo largo del año, se tomaron muestras mensuales, en los huertos Río Grande, San José y El Faisán.

En cada huerto, fueron seleccionados de manera aleatoria cinco árboles en la parte central de los huertos, es importante señalar que los árboles fueron los mismos durante todo el año. En cada árbol se observaron 10 brotes, en total 50 brotes por huerto, de esta forma se registraron los siguientes datos:

- El número de brotes infestados por árbol.
- El numero de larvas y pupas por brote infestado.
- Numero de hojas por brote infestado.

Después de registrar los datos anteriores y con el propósito de evaluar y determinar a los parasitoides asociados al MHC, se prosiguió de la siguiente manera.

De los brotes revisados anteriormente y que presentaron hojas con larvas maduras (a partir del tercer instar) o pupas del MHC, fueron seleccionadas las hojas infestadas, sin cortarlas del árbol, se les colocó una bolsa de tela de organza y se les dejó que evolucionaran hasta obtener a los adultos del minador o bien sus parasitoides (Figura 7).



Figura 7. Brotes cubierto con bolsas de organza.

Además a lo anterior, fueron colectados brotes con hojas infestadas (larvas maduras o pupas), los brotes fueron cortados de los árboles, se eliminaron las hojas que no estaban infestadas y se les colocó algodón húmedo en la base del corte con el fin de evitar su deshidratación. Posteriormente estos brotes se colocaron en botes de plástico transparentes, la boca de los botes se cubrió con tela de organza, los botes fueron colocados dentro de una nevera de unicel que contenía hielo y se transportaron al laboratorio. En el laboratorio los brotes fueron incubados hasta la emergencia del minador o sus parasitoides (Figura 8).



Figura 8. Brotes incubados en botes de plástico.

Los parasitoides colectados fueron procesados en el laboratorio, en donde se colocaron en alcohol al 70% y se procesaron para ser montados en triángulos de papel suizo.

4.4. Muestras del psílido asiático y su parasitoides

El muestreo de los psílidos y sus parasitoides, fue realizado mensualmente, por un procedimiento similar al implementado para el MHC, con la diferencia de que sólo se realizó en dos huertos (Río Grande y San José). Consistió en seleccionar cinco árboles (diferentes a los empleados para el MHC), en los cuales se observaron 10

brotos tiernos y se registró el número de brotes infestados por árbol. A los brotes que presentaban estados inmaduros del psílido se les colocaron bolsas de tela de organza y se les permitió que evolucionaran por un período de tres semanas a un mes, trascurrido este tiempo fueron contabilizados los adultos del psílido y los parasitoides emergidos para determinar el parasitismo.

Adicionalmente se colectaron brotes que contenían grandes cantidades de ninfas en diferentes instares de desarrollo, los brotes fueron cortados y se les colocó algodón húmedo en la base del corte con el fin de evitar su deshidratación. Posteriormente estos brotes se colocaron en botes de plástico transparentes, los botes fueron colocados dentro de una nevera de unicel que contenía hielo y se transportaron al laboratorio. En el laboratorio los brotes fueron incubados por un período máximo de tres semanas, al final de este periodo se contabilizaron a los individuos que alcanzaron el estado adulto y a los parasitoides emergidos.

Los parasitoides colectados fueron procesados en el laboratorio, en donde se separaron por sexo, posteriormente se colocaron en alcohol al 70% y se procesaron para ser montados en triángulos de papel suizo.

4.5. Identificación de los parasitoides.

La determinación taxonómica de los parasitoides, fue realizada por el Dr. José Antonio Sánchez García (CIIDIR – IPN), para ello se emplearon las claves de Gibson (1993), Gibson *et al.* (1997), Schauff *et al.* (1997, 1998), Ruíz-Cancino *et al.* (2001) y Burks (2003).

4.6. Determinación del porcentaje de parasitismo

El cálculo del parasitismo tanto para el MHC como para el psílido asiático, se efectuó para cada uno de los meses en que se desarrollo el estudio y para cada uno de los huertos en donde se realizaron las observaciones. Se empleo la siguiente formula:

$$PP = \frac{A}{A + B} * 100$$

PP = Porcentaje de parasitismo
 A = Parasitoides emergidos
 B = Adultos de la plaga emergidos

4.7. Registros de las condiciones ambientales

Los datos ambientales considerados para el estudio fueron temperatura y precipitación, estos se obtuvieron de la estación meteorológica perteneciente al INIFAP ubicado en el sitio experimental Costa de Oaxaca en la comunidad de Río Grande, Tututepec, Oaxaca (Figura 9).

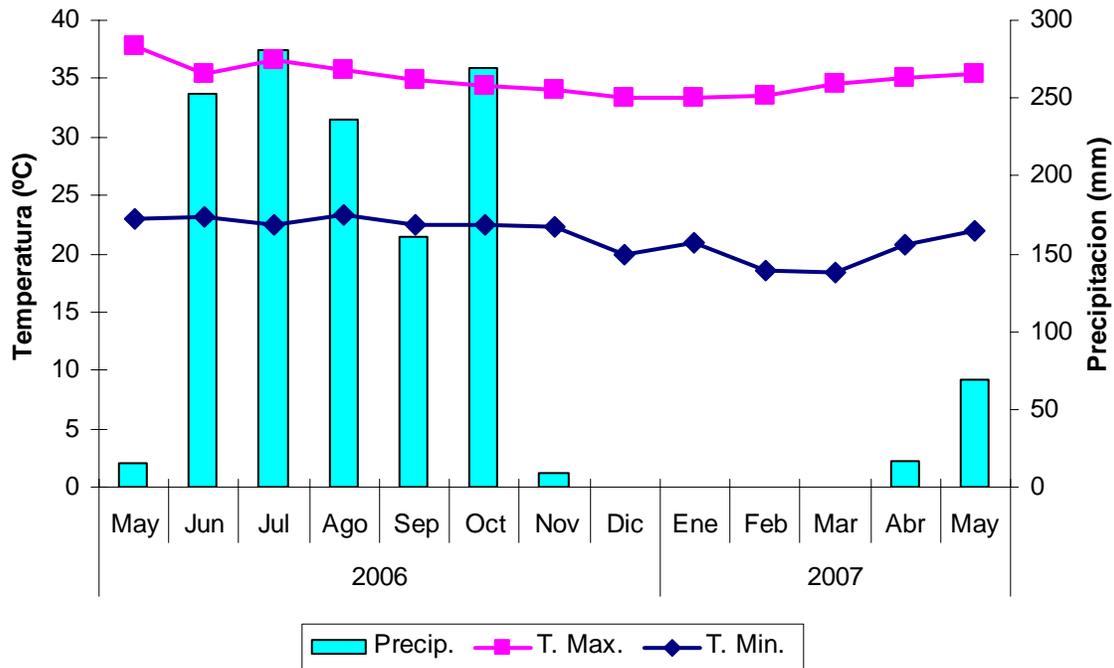


Figura 9. Comportamiento de la precipitación y la temperatura durante el periodo de estudio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Fluctuación poblacional del MHC y sus parasitoides

El minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton), se presentó a lo largo de todo el año de estudio, los meses que presentaron mayor densidad poblacional de esta plaga fueron mayo, julio, octubre, marzo y abril, en contraste en los meses de julio y agosto su población se vió disminuida (Cuadro 5). El porcentaje de brotes infestados nunca fue mayor al 30% y la media anual fue de 17%. El número de estados inmaduros (larvas y pupas) del MHC por brote en promedio fue de 1.8, y fluctuó entre 2.6 y 1.3, en cuanto al número de inmaduros por hoja los valores oscilaron entre 0.23 y 0.12 con una media de 0.16.

Cuadro 5. Fluctuación poblacional del MHC y el parasitismo que enfrenta en la Costa del Estado de Oaxaca (valores promedio de los tres huertos estudiados).

Mes	Brotos infestados (%)	No. de MHC (larvas y pupas) observadas	No. de MHC (larvas y pupas) por brote	Parasitismo (%)
May.	25.2	51	1.7	65.3
Jun.	12.0	17	1.4	44.4
Jul.	28.6	87	2.6	35.6
Ago.	7.3	11	1.8	25.0
Sep.	13.5	25	1.3	76.6
Oct.	16.0	47	2.3	31.8
Nov.	11.8	25	1.6	51.0
Dic.	15.4	18	1.8	41.7
Ene.	8.9	17	1.9	33.3
Feb.	14.4	26	1.4	36.7
Mar.	12.1	42	2.3	34.3
Abr.	22.7	56	1.6	41.1
Media anual	17.0	35	1.8	42.0

Molina (1997) reporta que en Cuitláhuac, Veracruz, el número de estados inmaduros del MHC por hoja pude alcanzar hasta 0.78 en huertos con manejo y 0.29 en huertos sin manejo, por su parte Legaspi *et al.* (2001) menciona que en Nuevo León el número de estados inmaduros del MHC por hoja oscilan entre 0.4 y 1.0. Tomando como punto de comparación a los estudios anteriores podemos decir que la densidad

poblacional del MHC para la Costa del estado de Oaxaca en la actualidad es baja, sin embargo presenta una población más o menos constante a lo largo del año.

El parasitismo fluctuó a lo largo del estudio entre 76.6 y el 25%, con una media de 42%, el mes de septiembre presentó el valor mas alto y en agosto el mas bajo, estos resultados son similares a los obtenidos por Cano (1996) en Nicaragua, en donde el parasitismo por especies nativas es de entre un 28 y 60%, por otra parte difiere de lo reportado por Bautista (1997) en Veracruz, en donde obtuvo un parasitismo medio de 68.6% y a lo mencionado por Legaspi *et al.* (2001) en donde para Nuevo León estima un parasitismo medio de 20%.

El comportamiento del parasitismo observado durante el período de estudio resultó muy cambiante, pues en el mes de julio en donde se presentó la mayor densidad poblacional del MHC, el parasitismo fue bajo (35.6%), mientras que en octubre en donde la abundancia del MHC era baja, se alcanzó el mayor porcentaje de parasitismo (76.6%). Este comportamiento puede deberse a que los parasitoides encontrados (Eulophidae) no son parasitoides específicos del MHC, sino más bien oportunistas, por lo que en algunas épocas del año desvían su atención a otros huéspedes y cuando estos comienzan a escasear vuelven al MHC.

5.1.1 Diferencias en el comportamiento de los huertos estudiados

El huerto Río Grande se destaca con respecto a los otros huertos al presentar un parasitismo medio de 54.2 %, seguido de San José con el 34.8% y por último El Faisán con 38.7%. Es importante señalar que los niveles de parasitismo no fueron constantes a lo largo del periodo de estudio, estos fueron altamente variables tanto entre los meses como en entre los sitios (Figuras 12, 13 y 14). Río Grande mantuvo la presencia de parasitoides a lo largo de los 12 meses de estudio aunque bajó considerablemente en julio, por su parte San José no presentó parasitismo en los mese de julio, agosto, octubre y enero, en tanto que El Faisán no presentó parasitoides en seis de los 12 meses que duró el estudio. Esta situación puede explicarse en parte por el tipo de manejo que reciben los huertos, por los cultivos asociados y por sus ambientes colindantes. En el caso de Río Grande, en donde no

se aplicaron insecticidas ni fungicidas, se mantuvo de manera constante la presencia de MHC y por consiguiente sus parasitoides, a ésto hay que agregarle la presencia de los cultivos asociados y a los ambientes colindantes poco modificados, los cuales proveen refugio y hospederos alternos a los parasitoides, permitiendo que estos se mantengan en sitios cercanos. En cuanto a los huertos San José y El Faisán en donde se aplicaron insecticidas y fungicidas, estos ocasionaron la disminución del MHC como la de su parasitoides, además de que las zonas de refugio de los parasitoides son escasas debido a que regularmente estos huertos están libres de maleza, no presentan cultivos asociados y los ambientes colindantes están modificados.

Cuadro 6. Infestación media anual del MHC y sus niveles de parasitismo en los tres huertos estudiados.

Parámetros	Huertos estudiados		
	El Faisán	San José	Río Grande
Brotos Infestados (%)	10.0	15.8	21.1
No. de MHC (larvas y pupas) observadas	73	136	213
No. de MHC (larvas y pupas) por brote	1.4	1.6	2.2
Parasitismo (%)	38.7	34.3	54.2

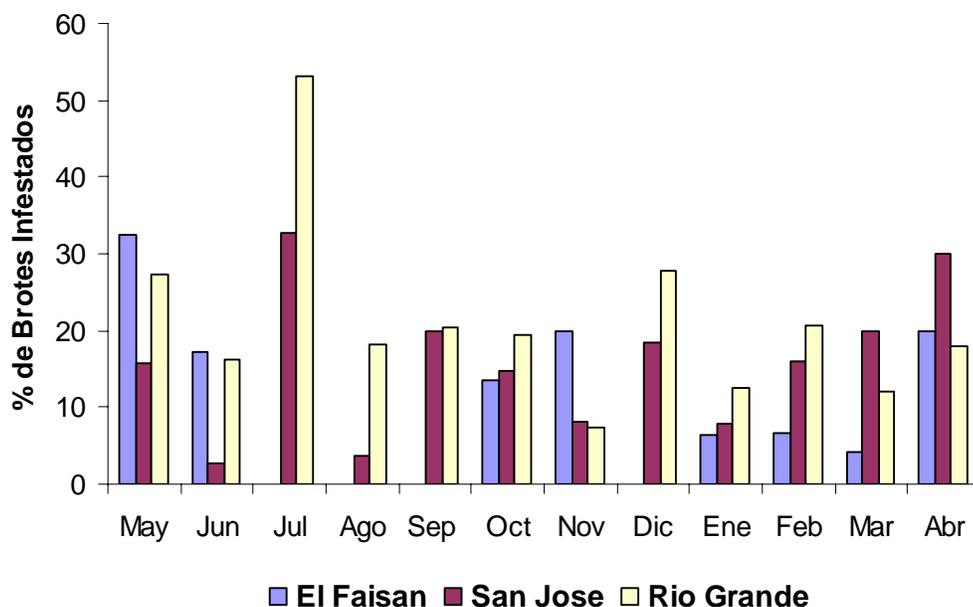


Figura 10. Porcentaje de brotes infestados en los tres huertos estudiados en la Costa de Oaxaca, durante el período de estudio.

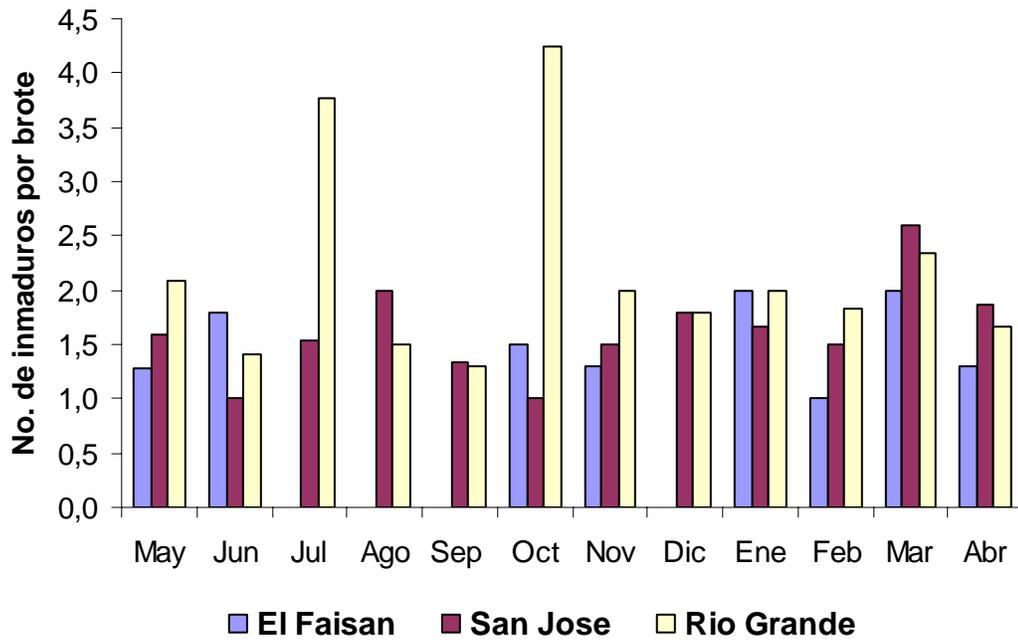


Figura 11. Número promedio de estados inmaduros (larvas y pupas) por brote en los tres huertos estudiados en la Costa de Oaxaca, durante el período de estudio.

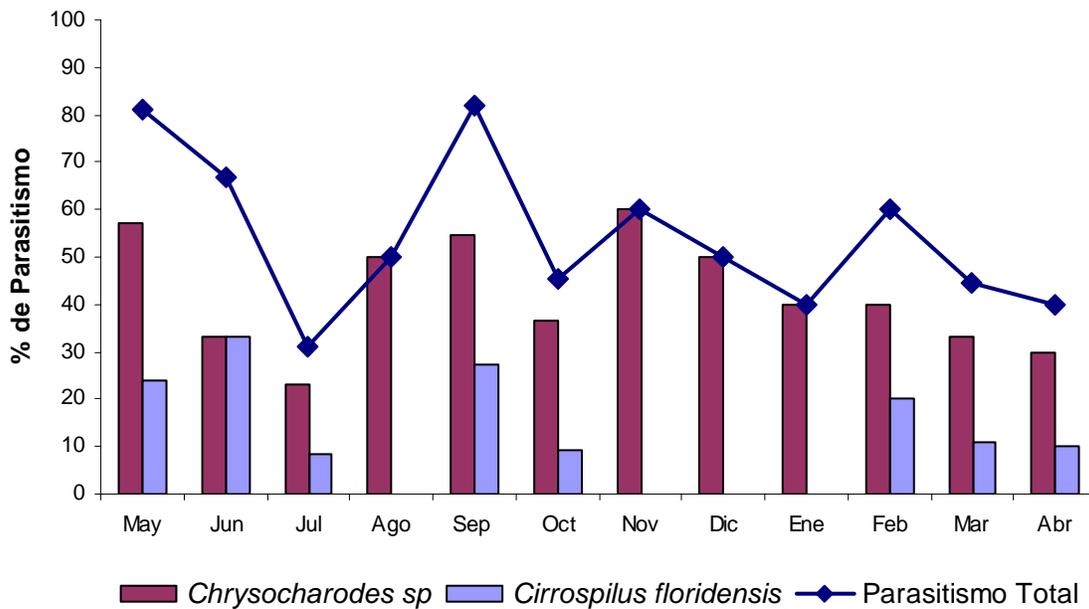


Figura 12. Comportamiento del parasitismo en el huerto Río Grande.

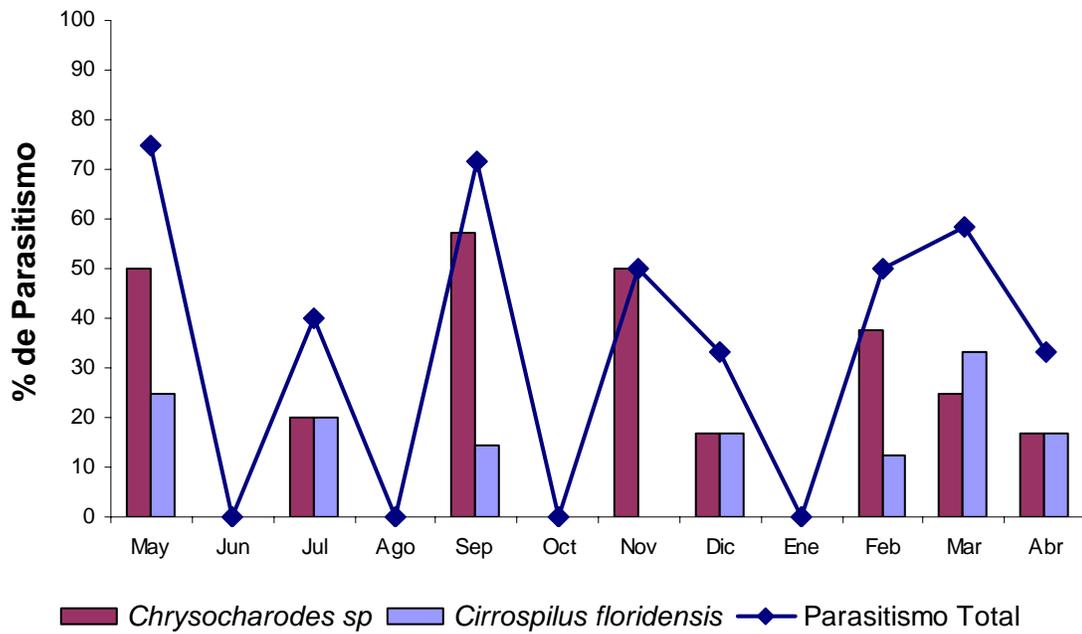


Figura 13. Comportamiento del parasitismo en el huerto San José.

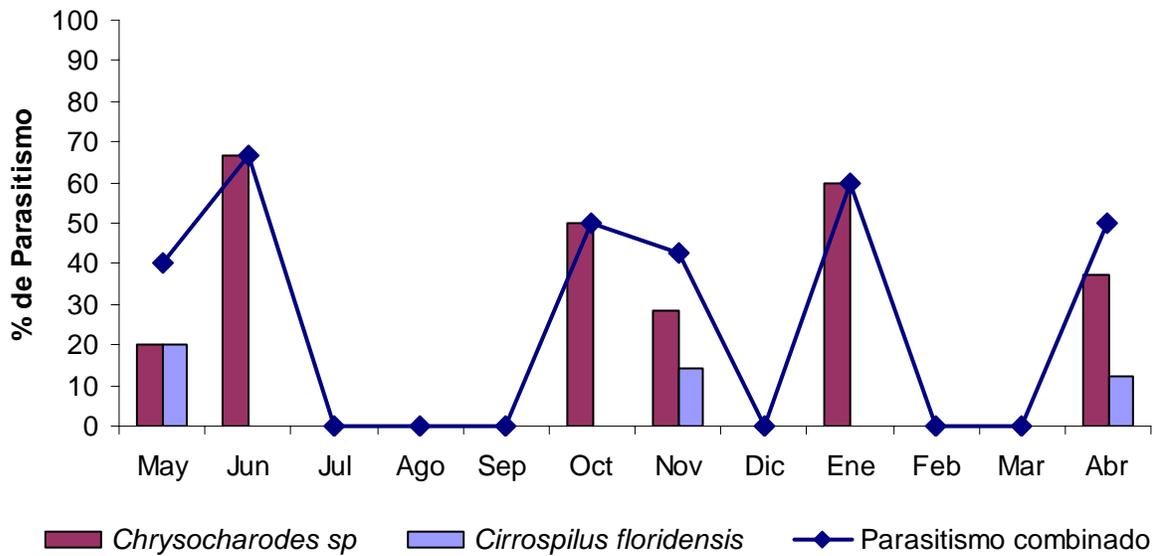


Figura 14. Comportamiento del parasitismo en el huerto El Faisán.

5.2. Parasitoides asociados al MHC

En el transcurso de un año de estudio, fueron encontrados 116 individuos parasitoides, pertenecientes a dos especies de la familia Eulophidae, estas especies son: *Chrysocharodes* sp. y *Cirrospilus floridensis* Evans, ambos parasitoides son nativos. En conjunto y considerando a las tres parcelas estudiadas, ocasionaron un parasitismo promedio del 42% a lo largo del año. *Chrysocharodes* sp. fue la especie dominante, presenta una abundancia relativa de 72.4%, mientras que la abundancia de *Cirrospilus floridensis* solo fue del 27.6%. El comportamiento de la abundancia relativa de las dos especies a lo largo del periodo de estudio puede observarse en la Figura 15.

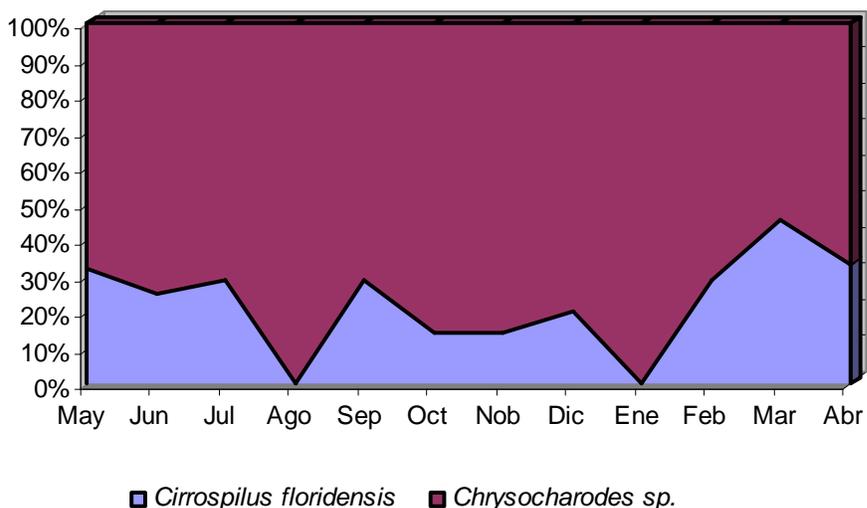


Figura 15. Abundancia relativa de las dos especies de parasitoides asociados al MHC en la Costa de Oaxaca, de Mayo del 2006 a Abril del 2007.

Cuadro 7. Abundancia relativa y número de individuos de las especies parasitoides encontradas en los tres hurtos muestreados.

	Abundancia relativa (%)			
	Río Grande	San José	El Faisán	Total
<i>Chrysocharodes</i> sp	75.0	60.7	81.2	72.4
<i>Cirrospilus floridensis</i>	25.0	39.3	18.8	27.6
Núm. de individuos totales	72	28	16	116

De manera general en el Cuadro 7 pueden observarse las diferencias del parasitismo en los huertos estudiados y las proporciones de las dos especies encontradas

El número de especies parasitoides (riqueza) encontradas en el estudio, de tan solo dos, fue baja, si consideramos que en el país existen reportadas alrededor de 11 especies actuando sobre el MHC (Schauff *et al.*, 1998; Ruíz-Cancino *et al.*, 2001). En Veracruz Bautista *et al.* (1998), encontró a cinco especies, siendo dos especies de *Cirrospilus* spp. los parasitoides dominantes; por su parte Real y Castro (1996), encontraron para Oaxaca cinco especies (*Cirrospilus* sp., y *C. quadritriatus*, *Closteroserus* sp., *Zagrammosoma multilineatum* y *Elasmus* sp.); los mismos parasitoides fueron reportados por Perales *et al.*, (1996) en Colima pero a diferencia del anterior se suma la presencia de *Horismenus* sp.; y en Michoacán Avendaño (2000) registró a tres parasitoides (*Cirrospilus* sp., *Galeopsomyia* sp. y *Elasmus* sp.), en estos últimos tres estudios no se reporta cuál es la especie dominante. La diferencia de la riqueza de especies entre los diferentes estudios puede deberse a varios factores, entre ellos, la densidad poblacional de la especie plaga, la adaptabilidad de los parasitoides a las condiciones de cada región y a la planta huésped, la disponibilidad de hospederos alternos y a la competencia entre las especies donde algunas de ellas suelen ser desplazadas.

La presencia de *Chrysocharodes* sp. en México, sólo se menciona en Tamaulipas (Ruíz-Cancino *et al.*, 2001), por lo que es la primera vez que se registra para el estado de Oaxaca y en general para la vertiente del pacífico mexicano, además es la primera ocasión que se indica como la especie dominante.

5.2.1 Características de la familia Eulophidae

Tarsos con cuatro segmentos; antenas generalmente con dos a cuatro segmentos funiculares, antenas insertadas en o debajo del margen inferior del ojo; espolón tibial anterior corto y recto; metasoma constreñido en la base; vena marginal larga, varias veces más larga que el ancho y extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior, venas estigmal y posmarginal frecuentemente cortas. Fluctúan en talla entre 0.5 a 6 mm y la mayoría se encuentran entre 1 y 2 mm. Color altamente variable pero

la mayor parte de las especies son marrón oscuro, negro, o con colores metálicos oscuros con amarillo; también son comunes las especies marrón claro. Los machos tienen frecuentemente las antenas flageladas o ramificadas (Schauff, *et al.* 2006).

5.2.2 *Chrysocharodes* sp.

Diagnosis

Escutelo con un par de sedas, vena submarginal del ala anterior con sedas dorsales. Propodeo con o sin carina media pero nunca con una línea media brillante y elevada, escutelo generalmente sin surco longitudinal medio o con surco cortó. Pecíolo distinguible con escultura bien marcada, dorso del mesosoma con fuerte escultura reticulada de celdas anchas, escutelo con escultura fuerte anteriormente, liso y brillante en el margen posterior (Figura 16).



Figura 16. *Chrysocharodes* sp.

5.2.3 *Cirrospilus floridensis* Evans

En general las especies del género *Cirrospilus* son cosmopolitas y polífagos, aunque prefieren parasitar a huéspedes de la familia Gracillariidae, en ocasiones pueden actuar como hiperparasitoides. *Cirrospilus floridensis* es un ectoparásitoide, que ataca a larvas del tercer instar, prepupas y pupas, se desarrolla en el interior de las galerías de *P. citrella*, los adultos miden alrededor de 1.7 mm. Las hembras poseen abdomen robusto con cuatro a cinco bandas transversales dorsales, por su parte en los machos se observan solamente una o dos bandas y el abdomen es más estrecho.

Diagnosis

Vena postmarginal presente, tan larga o más larga que la vena estigmática, axilas no adelantadas o solo ligeramente, escapula triangular. Funículo antenal con dos segmentos. Vértice no abultado entre los ojos, notaulus completo, llega hasta el margen posterior del mesoescudo, propodeo a menudo con una carina media. Cuerpo amarillo con líneas y manchas oscuras en el tórax y propodeo y con áreas verde metálico en el tórax, gaster en vista dorsal con cuatro líneas transversales oscuras completas y dos líneas oscuras en los terguitos uno y dos (Figura 17).



Figura 17. *Cirrospilus floridensis* Evans

5.3. Fluctuación poblacional del psílido asiático y sus parasitoides

El psílido asiático de los cítricos, se presentó a lo largo de los nueve meses de evaluaciones, alcanzando su máxima abundancia en marzo, para ambos huertos estudiados. Los meses con menor población de psílicos para el huerto San José fueron de septiembre a noviembre, a partir de diciembre comienza a incrementar su población hasta alcanzar en marzo su mayor nivel de infestación, en este periodo el 100% de los brotes estaban infestados y con un promedio de 43.8 ninfas que alcanzaron su estado adulto por brote. En cuanto a la huerta Río Grande, la población del psílido asiático presentó pocos cambios durante el periodo de estudio, el porcentaje de brotes infestados oscila entre el 8 y 21% con una media de 15%, el periodo con menor incidencia del psílido fue en diciembre y enero (Figuras 18 y 19).

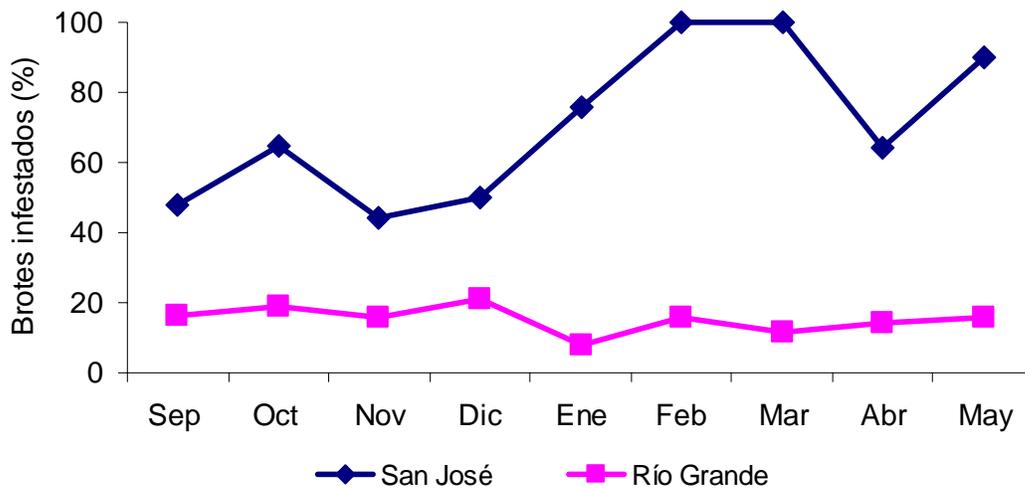


Figura 18. Comportamiento de los brotes infestados durante el periodo de estudio en los dos huertos estudiados.

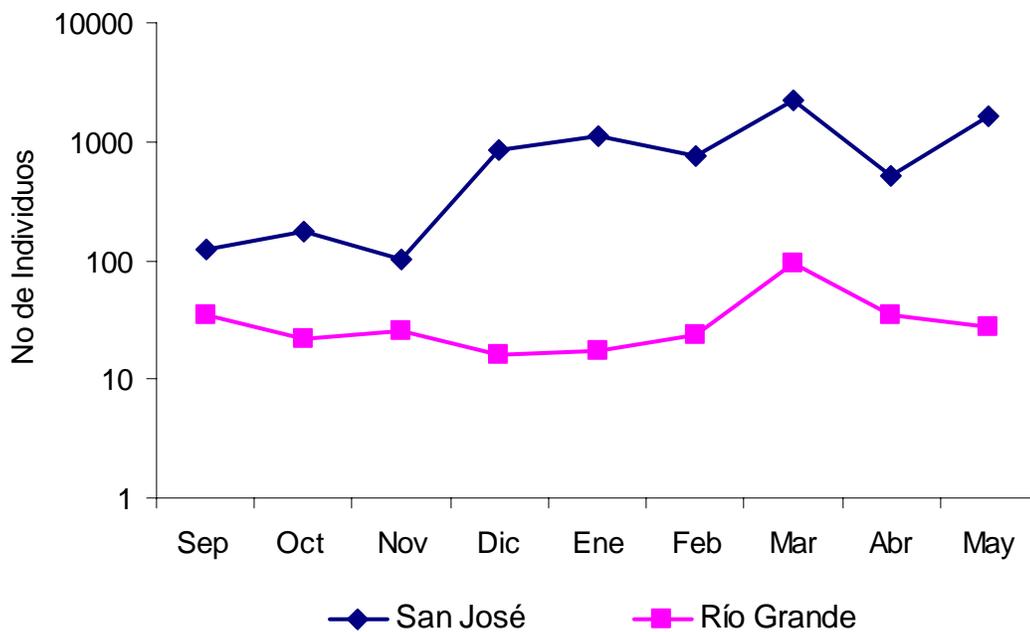


Figura 19. Comportamiento de la población del psílido asiático, durante el periodo de estudio, en los dos huertos. (Numero de ninfas que alcanzaron su estado adulto en 50 brotes por huerto).

El huerto San José presentó la mayor abundancia del psílido asiático y los niveles de infestación más altos (porcentaje de brotes infestados) en comparación con Río Grande, sin embargo los niveles de parasitismo fueron similares, entre ambos huertos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Infestación media del psílido asiático y sus niveles de parasitismo en los dos huertos estudiados.

Parámetros	San José	Río Grande
Brotes Infestados (%)	70.8	15.3
No. de ninfas que alcanzaron el estado adultos (50 brotes por huerto)	834	33
No. de psílicos adulto por brote	22.2	6.7
Parasitismo (%)	4.8	4.3

El parasitismo observado de *Tamarixia radiata* hacia *Diaphorina citri* en la Costa de Oaxaca fue bajo, este, fluctuó entre 0 y 22.9% con un valor medio de 4.5%. En su zona de origen (sureste asiático), podría pensarse que es a causa de una alta mortalidad debido a hiperparasitismo (Aubert, 1987; Garnier y Bové, 1993), sin embargo para América no se reportan hiperparasitoides de *Tamarixia radiata* y durante el periodo de estudio no se observaron estos organismos.

Michaud, (2004) encontró parasitismos no mayores al 1.3% en el centro de Florida, atribuyendo esta baja tasa de parasitismo a la acción de los depredadores principalmente coccinélidos. Por su parte González *et al.*, (2003) quien realizó observaciones en Cuba durante tres años (2000 a 2002) menciona que en el primer año encontró un parasitismo de 30.7% y en los dos años siguientes estos valores fueron cercanos al 100%. Considerando los dos estudios anteriores, creemos que es posible que la depredación de los estados inmaduros de *T. radiata* por insectos entomófagos sea en parte la causa de la baja tasa de parasitismo encontrada en el estudio; sin embargo la idea de que *Tamarixia radiata* se encuentra en proceso de

establecimiento y por ello su baja tasa de parasitismo parece más viable, ya que el parasitismo mostró una tendencia a incrementar conforme fue transcurriendo el período de estudio (Figura 20).

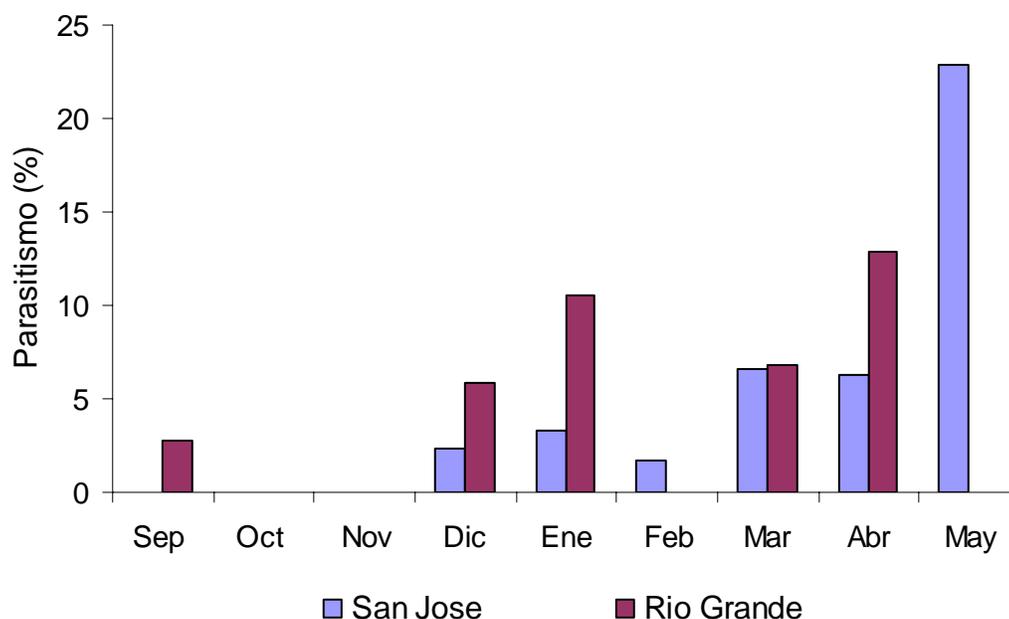


Figura 20. Comportamiento del parasitismo, durante el periodo de estudio, en los dos huertos estudiados.

5.4. *Parasitoides asociados al psílido asiático*

Para el caso del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama), se realizaron observaciones por un período de nueve meses, de septiembre del 2006 a mayo del 2007, en dos huertos (San José y Río Grande). Se encontraron 766 parasitoides todos ellos de la especie *Tamarixia radiata* (Eulophidae: Tetrastichiae), este parasitoide no es nativo y no se han realizado liberaciones de esta especie en la región, por lo que suponemos que ha migrado junto con su hospedero, en el país su presencia es mencionada en el estado de Tamaulipas (Ruiz-Cancino *et al.*, 2004). Considerando a los dos sitios muestreados, causó un parasitismo medio de 4.5%.

5.4.1 *Tamarixia radiata* (Weterston)

Se desarrolla como un ectoparasitoide idiobionte en ninfas de *Diaphorina citri*. Las hembras colocan sus huevecillos en la parte ventral de las ninfas entre el tercer y quinto instar, al eclosionar las larvas de *T. radiata* succionan la hemolinfa de su hospedero y terminan su desarrollo en el cadáver de su huésped (Figura 21). El periodo de vida es más corto para los machos que para las hembras, en su vida como adultos se alimentan de miel y néctar de las plantas. La especie presenta una partenogénesis arrenotoca. Con temperaturas favorables (25 a 30°C) las hembras pueden colocar hasta 300 huevecillos (Etienne *et al.*, 2001).

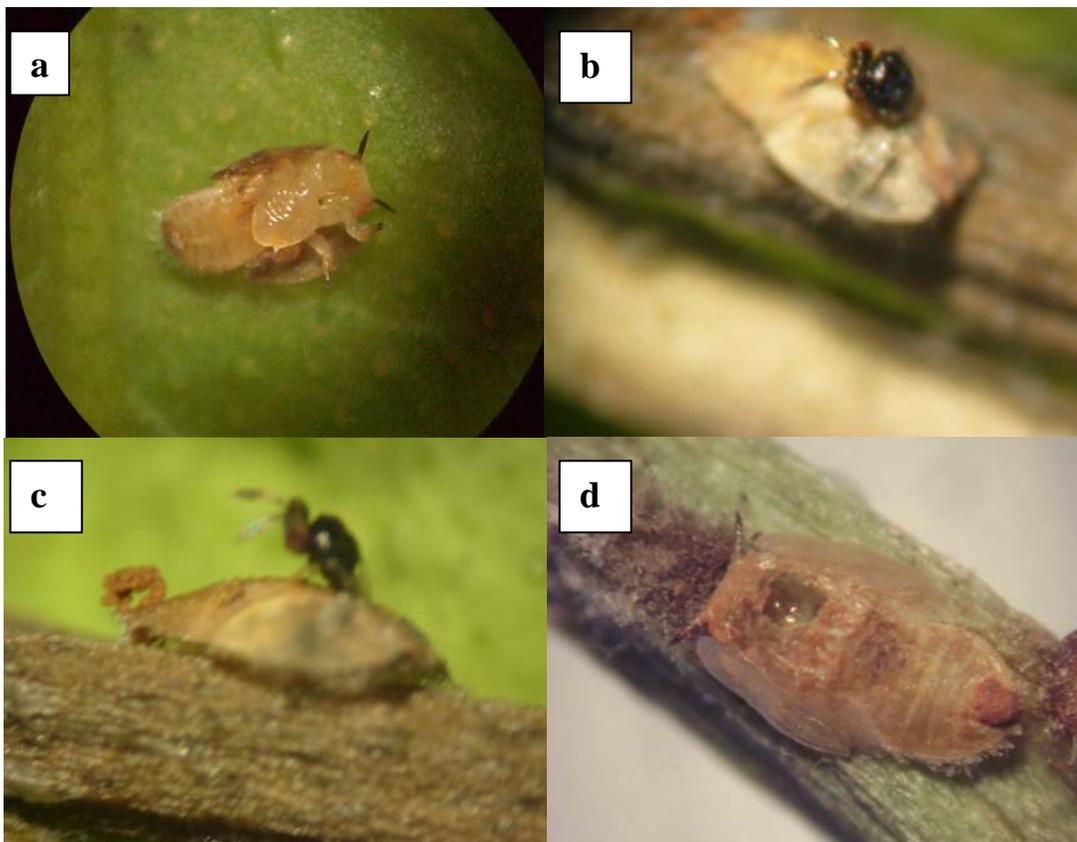


Figura 21. *Tamarixia radiata* actuando sobre el psílido asiático: a) larva parasitando a ninfa del IV instar, b y c) adulto emergiendo de una ninfa, d) ninfa momificada una vez emergido el parasitoide.

Diagnosis

Las hembras presentan el lóbulo medio del mesoescutelo con dos setas adnotulares relativamente fuertes, oscuras, una en la parte media del mesoescutelo y la otra en la parte media posterior, las dos setas virtualmente iguales en longitud y subrectas, el clípeo tiene el margen anterior truncado sin dientes o raramente, con dos lóbulos muy pequeños. Las alas anteriores con una vena marginal levemente más corta que la celda costal. Son relativamente encorvados, con el tórax de una a tres veces tan larga como ancha. El cuerpo (mesosoma) negro, nunca con tintes metálicos. El gaster parcialmente amarillo. El hipopigio tiene el margen anterior casi recto, las setas del disco salen de la bases sublineares (Figura 22 (b)).

En los machos, las antenas tienen el flagelo con mechones de setas largas y oscuras, la placa ventral del escapo es extremadamente corta, el primer segmento funicular más corto que los segmentos siguientes y difícilmente mas largo que ancho. El margen anterior del clípeo es truncado, sin dientes o con dos tubérculos diminutos. El lóbulo medio del mesoescutelo con dos setas subiguales y suberectas en cada lado, una en la parte media del mesoecutelo y la otra en la parte media posterior (Figura 22 (a)).

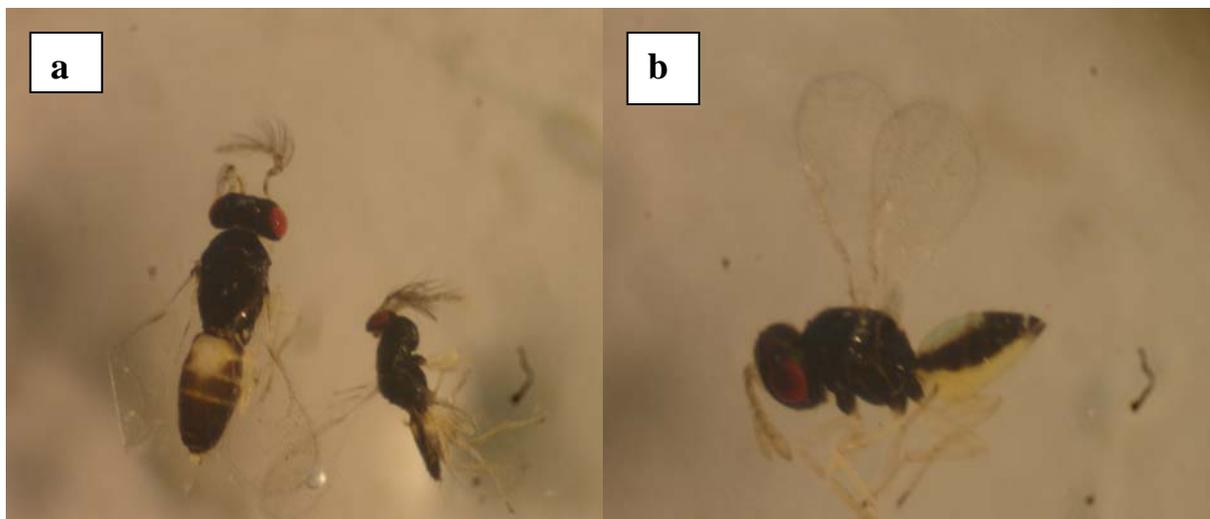


Figura 22. Adultos de *Tamarixia radiata*: a) Machos, b) Hembras

6. CONCLUSIONES

Las especies de parasitoides detectadas y asociadas con el minador de la hoja de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton) en la costa del estado de Oaxaca, fueron: *Chrysocharodes* sp. y *Cirrospilus floridensis* Evans (Hymenoptera: Eulophidae), ambos son parasitoides nativos.

Chrysocharodes sp. fue la especie dominante, presenta una abundancia relativa media de 72.4%, mientras que la abundancia de *Cirrospilus floridensis* fue sólo del 27.6%. Aunque las proporciones cambiaron durante el periodo de evaluación y entre los huertos estudiados *Chrysocharodes* sp., siempre supero a *Cirrospilus floridensis*.

Los parasitoides son importantes en la reducción de la densidad de población de *P. citrella* en la Costa del estado de Oaxaca, ya que ocasionaron un parasitismo medio anual del 42% y estos valores pueden alcanzar hasta el 76%.

El minador de la hoja de los cítricos se presentó durante todo el año, sin embargo su densidad poblacional siempre fue baja, los brotes infestados nunca superaron el 30%, el número de estados inmaduros por brote en promedio fue de 1.8, y el número de inmaduros por hoja presentó un valor medio de 0.16.

Para el caso del MHC, el huerto Río Grande, que presento una intensidad de manejo menor, cultivos asociados, y ambientes colindantes poco modificados, se destaca de los otros al presentar porcentajes de parasitismo más altos y menos fluctuantes durante el periodo de estudio.

El parasitoide exótico *Tamarixia radiata* (Waterst) (Hymenoptera: Eulophidae), fue la única especie parasitoide que se encuentra actuando sobre el del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) en la Costa de Oaxaca.

El parasitismo observado de *Tamarixia radiata* hacia *Diaphorina citri* en la Costa de Oaxaca fue bajo, fluctuó entre 0 y 22.9% con un valor medio de 4.5%. El incremento del parasitismo en los últimos meses de observación podría indicar que *Tamarixia radiata* se encuentra en proceso de establecimiento.

La densidad poblacional del psílido asiático se mostró diferente entre los sitios de muestreos, en el huerto Río Grande la población se mantuvo baja durante todo el periodo de estudio (media de 15% de brotes infestados), mientras que en San José fue alta (media de 70% de brotes infestados) a partir de diciembre comenzó a incrementar su población hasta alcanzar de enero a mayo los niveles de infestación más altos, sobresaliendo el mes de marzo como el pico más alto.

7. LITERATURA CITADA

- Al-Ghamdi K. M. S. 2000. A field study on synchrony between the populations of citrus Psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama), (Homoptera: Psyllidae) and its natural enemies in western Saudi Arabia. Bull. Fac. Agric., Cairo University. 51:227–238.
- Argot, Y., Rossler, Y., Rosen, D. 1995. Estados y perspectivas para el control del minador de la hoja de los cítricos en Israel. Phytoma 72 (4): 146:148.
- Aubert B., M. Grisoni, M. Villemin, and G. Rossolin. 1996. A case study of huanglongbing (greening) control in Réunion. In J. V. da Graça, P. Moreno, and R. K. Yokomi [eds.], Proc. 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). University of California, Riverside. pp. 276-278.
- Aubert, B. 1987. *Trioza erythrae* del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. Fruits 42: 149-162.
- Avendaño G., F. J. 2000. El Minador de la hoja de los cítricos en Nueva Italia y Zicuiran, Michoacan. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo México. 61p.
- Azevedo, C.O., H. S. Santos. 2000. Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, ES, Brasil. Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N. Sér.) 11/12: 117-126.
- Bautista M., N. 1997. Bioecología de *Phyllocnistis citrella* Stainton; Minador de la hoja de los cítricos (Lepidoptera: Gracillariidae). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo México. 73p.
- Bautista-Martínez, N., J.L. Carrillo-Sánchez, H. Bravo-Mojica And S. D. Koch. 1998. Natural Parasitism of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) at Cuitlahuac, Veracruz, México. Florida Entomol. 81: 30-37.
- Bouffard, K. 2006. Greening found in 10 counties. Citrus Industry 87(1): 5-26.
- Burks, R.A. 2003. Key to the Nearctic genera of Eulophidae, subfamilies Entedoninae, Euderinae, and Eulophinae (Hymenoptera: Chalcidoidea). World Wide Web electronic publication. [http://cache.ucr.edu/%7Eheraty/Eulophidae/\(10-02-07\)](http://cache.ucr.edu/%7Eheraty/Eulophidae/(10-02-07)).
- Cano V. E. 1996. *Phyllocnistis citrella* y sus parasitoides nativos en Nicaragua. In: Reunión centroamericana sobre el manejo integrado de plagas de los cítricos con énfasis en minador de la hoja. Proyecto Fao/TCP/NIC/4551 (A). Managua, Nicaragua. 29pp.
- Cermeli, M., P. Morales, y F. Godoy. 2000. Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Venezuela. Boletín Entomología Venezolana 15: 235-243.
- Chagas, M.C.M., 1999. *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae): Bioecología e relação como cancro cítrico. Tesis doctorado, Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, 67 pp.
- Chavan V. M., and A. S. Summanwar. 1993. Population dynamics and aspects of the biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuw. In P. Moreno, J. V. da Graça, and L. W. Timmer [eds.], Proc. 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. University of California, Riverside. pp. 286-290

- Colrta-Filho H. D., M. L. P. N. Targon, M. A. Takita, J. D. de Negri, J. Pompeu, Jr., M. A. Machado, A. M. do Amaral, and G. W. Muller. 2004. First Report of the Causal Agent of Huanglongbing ("Candidatus *Liberibacter asiaticus*") in Brazil. *Plant Disease* 88:1382
- Coronado-Blanco, J. M. y E. Ruiz-Cancino. 2004. Registro del "Psílido asiático de los cítricos", *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) para México. *Folia Entomol. Mex.* 43: 165-166.
- da Graça J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathology.* 29:109–136.
- Das, A.; Roy, T. C. D.; y Bhattacharyya, B. 1998. Biology of citrus leaf miner *Phyllocnistis citrella* Stainton. *Journal of the Agricultural Science Society of North East India*, 11: 51-54.
- Del Real, S. J., Castro, A. M. 1996. Diagnóstico del minador de la hoja de los cítricos, en limón mexicano, en el municipio de Tututepec, Oax. Memoria de la Primera Reunión Regional de Avances sobre Manejo Integrado de plagas. pp. 77-83.
- Davies, R.J. 1991. Introducción a la Entomología. Imperial College University of London. Mundi Prensa. Madrid, España. 511pp.
- Eggleton, P., and R. Belshaw. 1992. Insect Parasitoids: An evolutionary overview. *Proceeding of the Royal Society of London B* 337: 1-20.
- Étienne J., S. Quilici, D. Marival, and A. Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits.* 56:307–315.
- Étienne, J., D. Burckhardt, y C. Grapin. 1998. *Diaphorina citri* (Kuwayama) en Guadeloupe, premier signalement pour les caraïbes (Hem., Psyllidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 103: 32.
- Garnier M., and J. M. Bové. 1993. Citrus greening disease. In P. Moreno, J. V. da Graça, and L. W. Timmer [eds.], *Proc. 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists.* University of California, Riverside. pp. 212-219.
- Garnier, M., S. Jagoueix-Eveillard, P. R. Cronje, G. F. LeRoux, y J. M. Bové. 2000. Genomic characterization of a *Liberibacter* present in an ornamental rutaceous tree, *Calodendrum capense*, in the Western Cape Province of South Africa. Proposal of 'Candidatus *Liberibacter africanus* subsp. capensis.' *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 50: 2119-2125.
- Garrido, A. 1995. El minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton): Morfología, biología, comportamiento, daños interacción con factores foráneos. *Phytoma España*, 72: 84-92.
- Garrido, A., J. Jacas, C. Margaix, y C. Tadeo. 1998. Biología del minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton). *Levante Agrícola*, 343: 167-170.
- Gibson, G. A. P. 1993. Superfamilies Mymarommatodea and Chalcidoidea. In: H. Goulet; J. T. Huber (Ed.). *Hymenoptera of the world: An identification guide to families.* Research Branch Agriculture. Ottawa, Canadá. pp.570-656.
- Gibson, G. A., J. T. Huber and J. B. Woolley. 1997. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research press. Ottawa, Canada. 794 pp.

- Godfray, H. 1994. Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 473 p.
- González C., M. Borges, D. Hernández, and J. Rodríguez. 2003. Inventory of natural enemies of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Cuba. Proc. International Soc. Citriculture. 9:859.
- Gonzalez S., R.F.; Silva E., R. 2003. Caracterización de cadenas prioritarias e identificación de las demandas tecnológicas: Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle). Universidad de Colima y Fundación Produce Colima A.C. 128p.
- González, L., 1997. Daños causados por los ataques de *Phyllocnistis citrella* Stainton, (Lepidoptera: Gracillariidae), y su repercusión sobre la producción de árboles adultos de cítricos en el sudoeste español. Bol. San. Veg. Plagas, 23: 73-91.
- Graham, J. H.; C. W. Maccoy y L. S. Rogers, 1997. The Phytophthora (Diaprepes) weevil complex. Citrus industry, 78: 67-70.
- Gravena S., M. J. G. Beretta, P. E. B. Paiva, R. Gallão, and P. T. Yamamoto. 1996. Seasonal abundance and natural enemies of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards of São Paulo State, Brazil. In J. V. da Graça, P. Moreno, and R. K. Yokomi [eds.], Proc. 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). University of California, Riverside. . 414 p.
- Guerout, R. 1974. Apparition du *Phyllocnistis citrella* Stainton en Afrique de el Ouest. Fruits, 29 (7-8) 519-523.
- Halbert S. E., C. L. Niblett, K. L. Manjunath, R. F. Lee, and L. G. Brown. 2002. Establishment of two new vectors of citrus pathogens in Florida. Proc. International Soc. Citriculture IX Congress, ASHS Press, Alexandria, VA. pp. 1016-1017.
- Halbert, S. E. y K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Fla. Entomol. 87: 330-353.
- Heppner, J. B. 1993. Citrus leafminer *Phyllocnistis citrella*, in Florida (Lepidoptera: Gracillariidae: Phyllocnistinae). Trop. Lepidoptera. 4 (1): 49 – 64.
- Hoy, M. A., R. U. Nguyen. 1997. Classical Biological Control of the Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): Theory, Practice, Art and Science. Trop. Lepidoptera. 8: 1-19.
- Huang, J., Luo, X., Huang, B., Yao, X., 1999. Studies on citrus psylla *Diaphorina citri* Kuwayama and its control. Entomol. J. East China 8, 26-34 (English abstract).
- INEGI. 2006. Enciclopedia de los municipios de México.
- Jacas J.A.; A. Garrido, C. Margaix, J. Forner, A. Alcaide y J.A. Pina, 1997. Screening of different citrus rootstocks and citrus-related species for resistance to *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Crop Protection, 16: 701-705.
- Knapp, J. L., L. G. Albrigo, H. W. Browing, R.C. Bullock, J. B Heppener, D.G. Hall, M.A. Hoy, R. Nguyen, J. E Peña, P. A Stanly. 1995. Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton: Current Status in Florida. Coop. Ext. Serv., IFAS, Univ. Florida, Gainesville. 26pp.
- Koizumi M., M. Prommintara, and Y. Ohtsu. 1996. Wood apple, *Limonia acidissima*: A new host for the huanglongbing (greening) vector, *Diaphorina citri*. In J. V. da Graça, P. Moreno, and R. K.

- Yokomi [eds.], Proc. 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). University of California, Riverside. pp. 271-275.
- Lácer, E.; Urbaneja, A.; Jacas, J.; Garrido, A. 1998. Parasitoides del minador de las hojas de los cítricos en la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola*, 344: 226-231.
- Lakra, R. K. ; Singh, Z. ; Kharub, W. S. 1984. Population Dynamics of Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. (Lepidoptera: Phyllocnistidae). in Haryana, India. *J. Ecol.* 11: 146-153.
- LaSalle, J. 1993. Parasitic Hymenoptera, Biological Control and Biodiversity. *In*: J. La Salle and I.D. Gauld (eds.), *Hymenoptera and Biodiversity*. C. A. B. International. pp. 197-215.
- LaSalle, J., and I. D. Gauld,. 1991. Parasitic Hymenoptera and the biodiversity crisis. *Redia*. 74: 315-334.
- LaSalle, J., and J. E. Peña. 1997. A New Species of *Galeopsomya* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae): A Fortuitous Parasitoid of the Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Fla. Entomol.* 80: 461- 470.
- Legaspi J. C., J. V. French, A. Garza, B.C. Legaspi, Jr. 2001. Population dynamics of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), and its natural enemies in Texas and México. *Biol. Control*. 21: 84 - 90.
- Legaspi J. C., J. V. French, M. E. Schauff and J.B., Woolley. 1999. The citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in South Texas: incidence and parasitism. *Fla. Entomol.* 82: 305-316.
- Lim W. H., O. M. Shamsudin, and W. W. Ko. 1990. Citrus greening disease in Malaysia. *In* B. Aubert, S. Tontyaporn, and D. Buangsuwon [eds.], *Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region*. Proc. Asia Pacific International Conference on Citriculture. Chiang Mai, Thailand. pp. 100-105.
- Liu, Y. H., and J. H. Tsai. 2000. Effects of Temperature on Biology and Life Table Parameter of the Asian Citrus Psyllidae. *Ann. Applied Biol.* 137: 201- 216.
- Liu, Z., 1989. The population dynamics of the citrus psylla and its ectoparasite. *In*: Lin, D. (Ed.), *Studies on the Integrated Management of Citrus Insect Pests*. Academic Book and Periodical Press, Beijing, pp. 165-175 (English abstract).
- Margaix C.; J. Jacas y A. Garrido, 1998. Parámetros de reproducción de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en condiciones controladas. *Bol. San. Veg. Plagas*, 24: 207-218.
- McFarland, C. D., y M. A. Hoy. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomol.* 84: 227-233.
- Michaud J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Fla. Entomol.* 84: 608 –612.
- Michaud J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biol. Control*. 29:260–269.
- Michaud, J. P. 2002. Biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: A preliminary report. *Entomological news* 113:216-222.

- Minsheng, Y., W. Liande, Z. Qionghua, F. Xingxiao. 1995. Influence of temperature on an experimental population of citrus leaf miner. *Fujian Agric. Univ.*, 24: 414-419.
- Molina A., J. D. 1997. Entomofagos del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* en Cuitlahuac, Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo México. 70 p.
- Nucifora, A., M. T. Nucifora. 1997. The citrus bud-miner (*Phyllocnistis citrella* Stainton) in citrus nurseries en Sicily. 5th International Congress of the Society of Citrus Nurserymen, Montpellier, 15pp.
- Peña, E. J., E. R. Duncan. 1993. Rearing Methods for Citrus Leafminer and *Pnigalio minio* Using "Tahuti" Limes. In *Managing the Citrus Leafminer*. Ed. Marjorie A. Hoy. Orlando, Florida, USA. 65 p.
- Perales, G. M. A., B. H. Arredondo, G. E. Garza, U. A. Aguirre. 1996. Native parasitoids of citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton in Colima, México. *South. Ent.* 21 (3): 349-350.
- Pluke, W.H.R., A. Escribano, J.P. Michaud and P.A. Stanscy. 2005. Potential Impact of Lady Beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) In Puerto Rico. *Fla. Entomol.* 22: 123-128.
- Rodríguez, G., y M. Cermelli 1997. El minador de la hoja nueva plaga de los cítricos en Venezuela. *Fonaiap Divulga (ven)*. 58: 20-24.
- Ruíz C. E. y J. M. Coronado. 1994. Minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton. CIDAFF, Fac. Agronomía, UAT. Folleto Entomológico No. 1. Octubre 1994. 2 pp.
- Ruíz-Cancino, E., J. M. Coronado-Blanco, y S. N. Myartseva. 2004. The Asian citrus psyllid in Mexico. Encuentro anual de la Entomological Society of America http://esa.confex.com/esa/2004/techprogram/paper_15993.htm. 23/11/07.
- Ruíz-Cancino, E., C. Martínez-Bernal, J. M. Coronado-Blanco, J. R. Mateos-Crespo, J. E. Peña. 2001. Himenópteros parasitoides de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en Tamaulipas y Norte de Veracruz, México, con una clave para las especies. *Folia Entomol. Mex.* 40: 83-91.
- Sánchez, J.; M. Cermeli, P. Morales. 2002. Ciclo biológico del minador de la hoja de los cítricos *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) en naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Entomotropica* 17: 167-172.
- Schauff, M. E., J. LaSalle, L. D. Coote. 1997. Eulophidae. In: G. A. P. Gibson; J. T. Huber; J. B. Woolley (Ed.). *Annotated key to the genera of nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)*. NRC Research Press. Ottawa, Canadá. pp. 327-430.
- Schauff, M. E., M. Gates, J. LaSalle. 2006. Familia Eulophidae. In: Fernandez F., y M.J. Sharkey (Ed). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogota, Colombia. pp. 755-760.
- Schauff, M. E., J. LaSalle, G. A. Wijesekara. 1998. The Genera of Chalcid Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Citrus Leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Journal of Natural History*, 32: 1001-1056.
- Smith J.M., M.A. Hoy. 1995. Rearing methods for *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Cirrospilus quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae) released in a classical biological control program for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Fla. Entomo.* 78: 600-608.

- Sponagel, K. y F. Díaz. 1994. El Minador de la hoja de los cítricos, *Phyllocnistis citrella*. Un Insecto plaga de importancia económica en la citricultura de Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras. 37 p.
- Su, H. J. y T. H. Hung. 2001. Detection of greening fastidious bacteria (GFB) causing citrus greening by dot hybridization and polymerase chain reaction (PCR) with DNA probes and primer pairs FFTC/ASPAC, Taipei, Taiwan. 5 pp.
- Supriyanto A., and A. M. Whittle. 1991. Citrus rehabilitation in Indonesia. In R. H. Brlansky, R. F. Lee, and L. W. Timmer [eds.], Proc.11th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Riverside, CA. pp. 409-413.
- Tan, B.; Huang, M. 1996. Managing the citrus leafminer in China. EN: M.A. Hoy (editora), Managing the Citrus leafminer, Proc. Intern. Conf., Orlando, Florida, April 23-25, 1996, 49-52. Gainesville: Univ. Florida. 119 pp.
- Tang Y.-Q. 1989. A preliminary survey on the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Fujian. In B. Aubert, K. Chung, and C. Gonzales [eds.], Proc. 2nd FAO-UNDP Regional Workshop on the Asian-Pacific Citrus Greening Disease. pp. 10-16.
- Tian, Y., S. Ke, y C. Ke. 1996. Polymerase chain reaction for detection and quantitation of *Liberobacter asiaticum*, the bacterium associated with huanglongbing (greening) of citrus in China. In: J. V. da Graça, P. Moreno, y R. K. Yokomi [eds.], Proc. 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). Universidad de California, Riverside. pp. 252-257.
- Triplehorn C. A., N. F. Jonson. 2005. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. 7 th Edition. Ed. Thonson Brookz/Cole. USA. 268 – 332 pp
- Tsai, J. H., y Y. H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. J. Econ. Entomol. 93: 1721-1725.
- Urbaneja A., J. Jacas, M.J. Verdú, y A. Garrido. 1998. Dinámica e impacto de los parasitoides autóctonos de *Phyllocnistis citrella* Stainton, en la comunidad de Valencia. Invest. Prod. Prot. Veg. 13: 409 – 423.
- Urbaneja G., A. 2000. Biología de *Cirrospilus* sp. próximo a *lyncus* (Hym.: Eulophidae), ectoparasitoide del minador de las hojas de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lep.: Gracillariidae). Dinámica e impacto de los enemigos naturales del minador. Tesis de doctor en ciencia. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.), Valencia, España. 171p.
- Venegas V., J. I. 2004. Caracterización y la rentabilidad de la producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle) en el estado de Oaxaca. . Tesis de maestro en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo México. 140p.
- Viraktamath C. A., and B. X. Bhumannavar. 2002. Biology, ecology and management of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Pest management in Horticultural Ecosystems. 7: 1-27.
- Waterhouse, D.F., 1998. Biological control of insect pests: Southeast Asian Prospects. ACIAR Monograph Series No. 51. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Zhang, A., C. O. Leary, W. Quarles. 1994. Chinese IPM for Citrus Leafminer. IPM Practioner. 16: 10-13.