

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO.

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA.



**EVALUACIÓN EN CAMPO DE DEPREDADORES PARA EL
CONTROL DEL PULGÓN CAFÉ DE LOS CÍTRICOS**

Toxoptera citricida (Homoptera: Haphididae)

Por:

EUTIQUIO SUAREZ BLANCO

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2007

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN EN CAMPO DE DEPREDADORES PARA EL
CONTROL DEL PULGÓN CAFÉ DE LOS CÍTRICOS
Toxoptera citricida (Homoptera: Haphididae)**

Presentado por:

EUTIQUIO SUAREZ BLANCO

**Que se somete a consideración del jurado examinador para
obtener el título de:**

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Aprobado por el comité de sinodales

Presidente

Dr. Reynaldo Alonso Velasco

Vocal

Dr. José I. López Arroyo

Vocal

**M.C. Francisco J. Vades
Oyervides**

Vocal

Dr. Víctor Sánchez Salas

Coordinador de la División de Agronomía

M. C. Arnoldo Oyervides García.

**Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2007**

«Llegará una época en la que una investigación diligente y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas. La vida de una sola persona, aunque estuviera toda ella dedicada al cielo, sería insuficiente para investigar una materia tan vasta [...]. Por lo tanto este conocimiento sólo se podrá desarrollar a lo largo de sucesivas edades. Llegará una época en la que nuestros descendientes se asombrarán de que ignoramos cosas que para ellos son tan claras... Muchos son los descubrimientos reservados para las épocas futuras, cuando se haya borrado el recuerdo de nosotros. Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez para siempre.»

AGRADECIMIENTOS.

A mi “**ALMA TERRA MATER**”, Nuestra Madre Tierra que nos alimenta, por cobijarme durante cinco años y haberme dado la oportunidad de desarrollarme haciéndome un hombre de bien en beneficio de la humanidad. A todo el personal que labora en la Universidad por el valioso servicio que cada uno de ellos me brindó para poder desempeñar mis actividades.

Al campo experimental General Terán Nuevo León del INIFAP y al CONACYT por el apoyo y atención incondicional brindados para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Reynaldo Alonso Velasco por su valioso apoyo como asesor principal de esta tesis, además de la infinidad de asistencias hechas durante mi estancia dentro de la Universidad.

Al Dr. Jose I. López Arroyo, Dr. Victor M. Reyes Salas y, M. C. y buen amigo Francisco J. Valdés Oyervides, por haber formado parte del jurado calificador fungiendo como vocales durante la presentación del presente trabajo de investigación.

A todos los maestros que dedicaron tiempo y esfuerzo para transmitirme sus conocimientos y poder así formarme y lograr lo que ahora soy. En especial a todos los maestros del departamento de Botánica que en todo momento estuvieron dispuestos a resolver mis problemas académicos.

DEDICATORIAS.

A los seres que más amo, adoro y quiero en la vida, y me dieron la oportunidad de vivir: **Isabel Blanco González y Pedro Suárez Romero.** Aunque ya no me llevan de la mano como cuando niño, sus consejos irán siempre conmigo. Estos nueve largos años que estuve lejos de casa, lejos del calor de ustedes, comprendí lo mucho que me hacen falta y si en algún momento en la vida les fallé, ruego me perdonen. A veces es necesario sacrificar el tiempo y alejarse de casa dejando atrás a los seres que más amamos en la vida, pero después del sufrimiento viene la recompensa y ahora pueden ustedes presumir, que al fin hay un ingeniero más en casa. Yo siempre me sentiré orgulloso de ser hijo de ustedes.

A ti querido viejo, y antes que nada disculpa por lo de viejo, pero es que así te siento más a mi lado, como al mejor de mis camaradas. Tu que día a día arrojas tu vida por el campo, que no te importa que llueve o truene, quisiera decirte que no he conocido persona tan valiosa como tu, gracias por tus buenos consejos, y todo tu tiempo dedicado a mi. Tu que sacrificaste hasta el último centavo de tu bolsa con tal de darme todo... Te quiero. No tengo más palabras para agradecerte, y no hay mejor forma para gratificarte que decirte: cuenta conmigo querido viejo.

A ti madre que con el sudor de tu frente y el dolor de tu espalda cargaste conmigo, te estaré agradecido hasta el último segundo de mi vida. Tu que con tanto sacrificio ganaste aquel peso que me diste, en vez de destinarlo para adquirir prendas, quisiera declararte algo: La vida me ha dado la fortuna de conocer muchas mujeres, pero ni con el amor de todas ellas, puedo comparar el que tu me has dado. Madre, gracias por darme la vida.

A mis hermanos, **Gregorio, Nemesio, Ignacio y Francisco Santiago, Benito y Agustina**, gracias por todo el apoyo moral y económico que me brindaron durante todo este tiempo. Les estaré agradecido por toda la vida, porque sé que sin ustedes, hoy no estaría gozando de una carrera.

Gregorio, que fuiste como un padre para mí. Tú que sacrificaste la vida cruzando la frontera para poder tener un mejor nivel de vida y darnos la oportunidad a nosotros de seguir estudiando...Te quiero mucho. Gracias a ti y a toda tu familia.

No he tenido mejor ejemplo en la vida a seguir que tú...**Nemesio**. Gracias por todos los exhortos que me has dado y...no me queda más que decirte que el mejor paso que he dado en la vida es terminar la carrera y no fue sino porque no podía quedarme atrás.

Cuando sentía que no podía más, aparecías tú y me tendías la mano...**Nacho**. De esa manera lograba seguir adelante en mi camino. Gracias por sacrificar tu vida cruzando la frontera para darme la oportunidad, con tu incomparable apoyo, de seguirme formando, y ahora que he llegado a la meta sólo quiero decirte que cuentas conmigo. Tú eres uno de los mejores amigos que me ha dado la vida, y nunca quiero perder esa amistad que hemos tenido. Gracias también a tu familia, a tu esposa y tus hijos que son un orgullo para mí.

La vida nos enfrenta a muchos retos y si alguien me ha ayudado a enfrentar esos retos que me ha impuesto la vida, has sido tú...**Pancho**. Las dos veces que has cruzado la frontera y llegar hasta donde estas, sólo me lleva a pensar que tienes una gran confianza en ti mismo. Si alguna vez te fallé en la vida, es momento de pedirte me perdones. De antemano, gracias por todo el apoyo que me has brindado, y de a partir de ahora cuenta conmigo.

Santiago, Benito y Agustina gracias por la amistad que hasta ahora hemos tenido, eso es un valor muy importante que siempre llevaré de ustedes. Ahora que empiezan a construir su futuro quiero decirles que cuentan conmigo en todo momento.

A mi esposa **Maria Trinidad de Jesús Cristino** y mis hijas **Itzel** y **Citlali** que han sido la razón de mi existir y que por ellos he terminado esta carrera. Trini, quisiera pedirte perdón, aunque eso no subsana nada, por todas la veces que te he fallado. La vida me ha premiado al darme a una mujer tan hermosa y valiosa como tu, porque me has demostrado que puedes salir adelante sin mi apoyo. Gracias por cuidar de mis niñas en todo momento, y quisiera pedirte una disculpa por no haber estado contigo en los días en que llegaron a este mundo nuestras hijas, sin embargo sabes que a partir a ahora cuantas con todo mi apoyo como hasta ahora ha sido.

A ustedes hijas sólo quiero decirles lo mucho que las quiero, ustedes han sido los pilares de esta carrera. Gracias por llenar mi vida de felicidad...ustedes son todo para mi.

A mis tíos **Tiburcio, Pablo** y **Francisca Suárez Romero**. Todos ellos gracias por la amistad y apoyo que me han brindado. A mi tía **Clara Blanco González** gracias por todo el cariño que me ha tenido y ser usted como una segunda madre para mi, y de antemano sabe que la quiero mucho y le agradezco todo su apoyo que me ha brindado.

A todos mis **primos de la familia Suárez**. En especial a mi primo **Nicolás Suárez Cortés** por las tantas veces que me dio hospedaje en su casa, gracias a toda su familia que siempre me han brindado una gran amistad.

A mis primos **Ventura** y **Guadalupe**, gracias por el apoyo moral y económico que de ustedes he recibido. La amistad que hasta ahora hemos llevado quisiera conservarla por siempre. A **Ana**, gracias por todo el apoyo moral que me has brindado.

A don **Luis Cabrera** y esposa gracias por sus buenos consejos.

A mis compañeros de generación: **Oswaldo, Erick, Fernando, Vanesa y Karla**. Gracias por todos los momentos felices que a su lado pase, y por toda la amistad que conservamos. Siempre los llevaré conmigo como un ejemplo a seguir.

Al **Ing. Jesús R. Valenzuela García**, que fue como un padre para mi, durante mi estancia dentro de la Universidad. Gracias por todo el apoyo que de su persona recibí para poder salir adelante con mi carrera. Le estaré siempre agradecido por todo.

Al **Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe. Ex-rector** de la Universidad, gracias por el afecto que asentó en mi y fue un honor para mí trabajar con su persona durante un año al frente del H. Consejo Universitario. Fue una gran persona al frente de la Universidad.

Al **Dr. Jorge Galo Medina Torres. Rector** de la nuestra **Alma Mater**, gracias por la amistad que depositó en mi, y agradezco las asistencias que me ha brindado.

Al **Dr. José Francisco Rodríguez Martínez** gracias por compartir conmigo todos sus conocimientos sobre Desarrollo Sustentable, Agroecología, y todas las materias que me impartió. Le agradezco toda la atención brindada.

A los **Ing's: Rafa, Galván, Guevara, Montelongo, Oyervides, Humberto**, al **Dr. Alonso, Lazo, Melchor** y al **Lic. Morán Oñate**. Gracias por todo el apoyo brindado durante mi permanencia en la Universidad.

A **Cristy, Tere y Silvia** gracias por la amistad brindada y todo su apoyo.

Y... A mi **Banda de Rock: Etilika: Daniel, Abel, Julio y Daniel**.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades.....	4
Ubicación Taxonómica.....	4
Virus de la Tristeza de los Cítricos.....	6
Importancia del Virus de la Tristeza de los Cítricos.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Evaluación en campo de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i> y <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i>	8
Análisis estadístico.	9
Evaluación de densidades de liberación de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i> . Estudio en confinamiento.....	9
Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i>	10
Análisis estadístico.	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
Evaluación en campo de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i> y <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i>	13

Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de <i>Ceraeochrysa sp. nr. cincta</i> para el control de <i>Toxoptera citricida</i>. -----	17
Evaluación de densidades de liberación de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i>. Estudio en confinamiento. -----	21
Implicaciones del uso de las especies <i>Ceraeochrysa sp. nr. cincta</i> y <i>C. rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de <i>Toxoptera citricida</i>. -----	22
CONCLUSIONES. -----	29
LITERATURA CITADA. -----	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Tasas de depredación y eliminación de colonias de <i>Toxoptera citricida</i> bajo diferentes dosis de liberación de larvas de tercer instar de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>Cincta</i>.---	-----14
Cuadro. 2. Tasas de depredación de <i>Toxoptera citricida</i> bajo diferentes dosis de liberación de larvas neonatas de <i>Chrysoperla rufilabris</i>.-----	14
Cuadro. 3. Tasas de depredación y eliminación de colonias de <i>Toxoptera citricida</i> bajo diferentes densidades de liberación de huevos de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i>.-----	19
Cuadro. 4. Tasas de depredación y eliminación de colonias de <i>Toxoptera citricida</i> bajo diferentes frecuencias de liberación de huevos de <i>Ceraeochrysa</i> sp. nr. <i>cincta</i>.-----	20
Cuadro 5. Efecto de la relación depredador (<i>Chrysoperla rubilaris</i> [Neuroptera: Chrysopidae]): presa (<i>Toxoptera citricida</i> [Homoptera: Aphididae]) en la eliminación de colonias de la plaga.-----	26

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Control del pulgón café de los cítricos bajo diferentes dosis de liberación de larvas de tercer instar de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) a densidades bajas de la plaga.-----15**
- Fig. 2. Control del pulgón café de los cítricos bajo diferentes dosis de liberación de larvas de primer instar de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) a densidades altas de la plaga.-----16**
- Fig. 3. Consumo diario en campo de pulgón café de de los cítricos por *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) bajo diferentes proporciones depredador: presa en brotes de cítricos infestados. Estudio en confinamiento.-----27**
- Fig. 4. Tiempo para la eliminación de colonias por el ataque de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) bajo diferentes proporciones depredador: presa en brotes de cítricos infestados. Estudio en confinamiento.-----28**

INTRODUCCIÓN

El pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae), es el vector más eficiente del virus de la tristeza de los cítricos (VTC). Este fitopatógeno ocasiona generalmente la muerte del árbol atacado y ha causado graves pérdidas económicas en los países en que se ha presentado. Debido a la importancia de *Toxoptera citricida* (*T. citricida*) en la transmisión del VTC, el insecto es considerado como una de las plagas más serias de los cítricos a nivel mundial (Lee *et al.*, 1992). En el continente Americano, la especie se encuentra presente en las zonas citrícolas de Centro y Sud América, Islas del Caribe, Florida, E.U.A (Michaud, 1998), y en febrero de 2000 invadió en el país mexicano, los estados de Yucatán y Quintana Roo (Michaud y Alvarez, 2000). Actualmente se encuentra establecido también en la zonas citrícolas de Campeche, Oaxaca, Tabasco, y en los municipios del sur de Veracruz. De los países en donde la citricultura regional ha sido invadida por *T. citricida*, solo en las regiones citrícolas de Florida, E.U.A., y en las de México se ha impulsado notoriamente el uso del control biológico para confrontar la invasión de dicha plaga; sin embargo, en el país, el programa inició con el uso del depredador exótico *Harmonia axyridis* Pallas (Coleóptera: Coccinellidae), insecto cuya importancia ha sido cuestionada y controversial, debido a diversos efectos adversos asociados a su presencia en lugares fuera del área de origen en Asia (Michaud, 2002b; Huelsman y Kovach, 2004; Kovach, 2004; Nalepa *et al.*, 2004; Koch *et al.*, 2006).

Una opción para el control biológico de *T. citricida*, es el uso de depredadores generalistas como enemigos naturales del vector del VTC (Michaud, 2000; Michaud y Belliure, 2001; Michaud y Browning, 2002). Las especies de Chrysopidae (Neuroptera) y Coccinellidae (Coleóptera), insectos depredadores de artrópodos plaga, constituyen una

excelente alternativa para el control biológico de *T. citricida*. Estos depredadores, son de gran importancia para la agricultura: *Ceraeochrysa*, *Chrysopa*, *Chrysoperla*, *Mallada* (Chrysopidae), *Hippodamia convergens* Guérin (Coleóptera), y son reconocidos como eficientes afidófagos (Smith, 1922; Clausen, 1940; Adams, 1982; Aspöck, 1992; Albuquerque *et al.*, 2001; New, 2001a,b). Además, algunos grupos presentan ventajas sobre otros notables enemigos naturales, por ejemplo: 1) Algunas especies de *Ceraeochrysa*, *Chrysopa*, y *Mallada* tienen mecanismos para defenderse de sus propios enemigos naturales, por lo que sus poblaciones no son diezmadas drásticamente por este factor (Smith, 1922; Muma, 1959a, b; Masters y Eisner, 1990; Eisner *et al.*, 1994). 2) Varias especies de *Ceraeochrysa*, *Chrysoperla* y Coccinellidae presentan una gran distribución en México y una relativa riqueza de especies (Tauber y De León, 2001; Marín-Jarillo, 2003; López-Arroyo *et al.*, 2005). 3) En la naturaleza ciertas especies de *Ceraeochrysa* están fuertemente asociadas a los cítricos (Muma, 1957, 1959a, b; Núñez, 1988 a, b). 4) Varias especies de *Ceraeochrysa* y Coccinellidae han sido observadas atacando al pulgón café de los cítricos (Michaud, 1998). Los hábitos de estos depredadores, aunados a su gran voracidad para consumir áfidos, así como la disponibilidad de tecnología para su producción masiva (López-Arroyo *et al.*, 1999a, b, c, 2000), hacen factible contemplarlo como excelentes candidatos para ser utilizados en el control biológico de *T. citricida*. 5) En el país existe una considerable red de laboratorios de cría masiva de insectos en los cuales tradicionalmente se producen especies de Chrysopidae (Rodríguez y Arredondo, 1999), por lo que la producción de especies con potencial para el control de la plaga podrían ser reproducidas extensivamente en el país y de una forma fácil y rápida. El presente estudio tuvo como objetivos evaluar y seleccionar especies de Chrysopidae (Neuroptera) con potencial para el control de *T. citricida* en la citricultura nacional.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar y seleccionar especies de Chrysopidae (Neuroptera) con potencial para el control de *Toxoptera citricida* en la citricultura nacional.

HIPÓTESIS:

Al menos una de las especies de Chrysopidae (Neuroptera) tiene potencial para el control de *Toxoptera citricida*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

El pulgón café de los cítricos es mas grande que otras especies de pulgones que infestan a los cítricos. Los adultos ápteros son de color negro muy brillante y las ninfas son oscuras café-rojizo. Los adultos alados pueden ser reconocidos por sus notables segmentos negros de sus antenas (Denmark, 1990). Las poblaciones de *T. citricida* se incrementan muy rapidamente cuando las condiciones son favorables. Las ninfas completan su desarrollo en seis a ocho días bajo temperaturas de 20°C. Un pulgón a temperatura de 25°C puede producir una población de 4400 individuos en tres semanas en ausencia de enemigos naturales (Komazaki, 1988). Su estrecho rango de hospederos y su tendencia a producir formas aladas a medida que el brote infestado madura, contribuye a su eficiencia para transmitir el VTC porque es muy probable que infeste otro árbol de cítricos más que otro hospedero (Yokomi *et al*, 1994; Yokomi 1995).

Ubicación Taxonómica

Phylum:	Arthropoda
Clase:	Hexapoda
Orden:	Homoptera
Familia:	Aphididae
Genero:	<i>Toxoptera</i>
Especie:	<i>citricida</i>

Para el control de esta plaga se han utilizado insecticidas químicos (Yokomi et al., 1995; Tsai et al., 1996), los cuales además de su costo, son un peligro para las personas que los aplican y como no decirlo, la contaminación del medio ambiente, suelo y agua, así como las cadenas tróficas, debido a sus ingredientes de alto poder residual. En Florida, Estados Unidos de América, se consideraron diferentes metodologías de control biológico para confrontar a *T. citricida*; incluyendo el uso de entomopatógenos (Poprawski et al., 1999), la evaluación de depredadores con potencial para liberaciones masivas (Michaud, 2000) y la introducción en la región de parasitoides exóticos (Michaud, 2002). Los resultados mas promisorios fueron obtenidos a través del control biológico de la plaga por conservación de enemigos naturales (Michaud, 2002). En México el desarrollo del control de la plaga con enemigos naturales introducidos o nativos podría ser auxiliado con prácticas que favorecen y mejoran la actividad en campo de los agentes de control biológico, como lo es la provisión de alimentos suplementarios o atrayentes (Van Emden y Hagen, 1976; Thompson y Hagen, 1999; Nordlund et al., 2001). Diversos autores han demostrado que la aspersión de alimentos suplementarios o atrayentes incrementa poblaciones de insectos benéficos (Hagen y Tassan, 1970; Hagen et al., 1971, 1976; Hagen y Bishop, 1979; McEwen et al., 1994; Mensah, 1997; Molleman et al., 1997; James, 2003; James y Price, 2004). El principio del uso de suplementos o atrayentes de insectos benéficos radica en que la aplicación de estos productos puede incrementar o redistribuir poblaciones de depredadores en sitios donde son requeridos (Nordlund et al., 2001).

Los depredadores consumen otros organismos, para completar su desarrollo y su abundancia es afectada por las fuentes de alimento, cópula, sitios de refugio y de invernación, condiciones ambientales e insecticidas. Un método para atraer o conservar y aumentar la población de

depredadores en un estrato agrícola ha sido el uso de sustancias atrayentes o aspersiones de alimentos suplementarios. La mayoría de alimentos suplementarios que se usan con este propósito tiene como base a la levadura de cerveza y azúcar. Generalmente los alimentos suplementarios a base de levadura de cerveza permiten la atracción de depredadores; y aquellos a base de azúcar facilitan la retención de los depredadores presentes en un cultivo (Mensah y Singleton, 2002).

Debido a la reciente aparición del pulgón café de los cítricos en nuestro país, los estudios realizados han sido escasos y actualmente se desconoce un manejo efectivo del insecto. Como una alternativa para contribuir al manejo de esta plaga, se considera importante aprovechar la fauna benéfica nativa en la agricultura de cítricos y establecer programas de control biológico por aumento y conservación de enemigos naturales, especialmente depredadores generalistas nativos.

Virus de la Tristeza de los Cítricos

El VTC es miembro del grupo de los closterovirus (Especie: Citrus tristeza virus; Genero: Closterovirus; Familia: Closteroviridae) y está considerado como uno de los patógenos virosos de los cítricos de mayor importancia económica (Bar-Joseph *et al.*, 1989; Bar-Joseph *et al.*, 1992).

Las razas mas importantes del VTC son la decadencia rápida, en patrones agrios y ahuecamiento del tallo en descendencia susceptible (Lee *et al.*, 1994). Durante muchos años, los investigadores has estado impedidos por la falta de una técnica de bioensayo rápido y confiable para detectar diferentes razas del VTC en infecciones sencillas o mezcladas. Este, mas el hecho de que el virus está limitado al floema, es extremadamente largo y flexible,

limitado a hospederos perennes y está en bajas concentraciones, ha hecho que nuestro conocimiento de este virus se haya desarrollado lentamente.

Importancia del Virus de la Tristeza de los Cítricos

Se trata de una enfermedad que afecta a todos los cítricos que se encuentran injertados sobre el naranjo agrio (*C. aurantium*), así como al limón mexicano (*C. aurantifolia*). En México se han encontrado y erradicado 4763 árboles positivos al VTC en 20 entidades citrícolas, sin embargo, se han tratado de razas asintomáticas.

No obstante, en febrero de 2000 se detecta en la zona norte de Yucatán y Quintana Roo, la presencia del pulgón café *T. citricida*, que es el vector mas eficiente del virus. El avance del mismo a sido muy rápido, invadiendo en el 2001 a la península de Yucatán, a inicios y finales de 2003 llega a Tabasco y Veracruz, respectivamente; y como ultimo reporte se tiene presente en el estado de Chiapas y Oaxaca. De las 502,554 hectáreas establecidas con cítricos en el territorio nacional, el 68.5% corresponde a la naranja, 20.5% a limón mexicano, 5.2 a limón persa, y el resto de mandarinas, tangerina, pomelos, etc. De los cítricos dulces (naranja, mandarina, pomelo, lima y tangerina) cerca de 95% se encuentra injertado sobre el naranjo agrio, patrón más susceptible a la enfermedad, asimismo, 103,023 hectáreas de limón mexicano, lo que hace de la citricultura mexicana altamente vulnerable a la enfermedad (alrededor de 492, 357 Ha), lo que podría afectar la producción de más de 6,504,258 toneladas, con un valor en la producción de aproximadamente \$ 7,100,000,000.00

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación en campo de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* y *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Toxoptera citricida*

Los estudios se realizaron en huertos citrícolas del municipio de Campeche, Campeche. En árboles adultos de naranja var. Valencia se evaluó la liberación de larvas de tercer instar de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (*C. sp. nr. cincta*) contra infestaciones reducidas de *T. citricida*; para lo anterior se realizaron infestaciones de brotes de naranjo con cuatro hembras adultas de *T. citricida*. Después de determinar el establecimiento de colonias en los brotes (densidades de 9-17), se procedió a realizar liberaciones de las larvas, las cuales fueron criadas a base de huevo de *Sitotroga cerealella* Olivier. Las dosis de liberación utilizadas fueron 1, 2, 3, 4, y 5 larvas /brote infestado, además se incluyó un testigo absoluto que careció de los depredadores. Los registros de áfidos consumidos y supervivientes fueron realizados diariamente a las 9:00, 13:00, y 17:00 horas durante cuatro días; se registró también la presencia de actividad depredadora por otras especies.

En otra localidad en árboles adultos de naranja var. Valencia se evaluó la liberación de larvas neonatas de *Chrysoperla rufilabris* (*C. rufilabris*) contra infestaciones naturales de la plaga. Para realizar esto, previamente se seleccionaron y marcaron brotes infestados por *T. citricida*. Después de determinar el número de áfidos/brote infestado, se procedió a realizar liberaciones de las larvas, las cuales fueron criadas a base de huevo de *Sitotroga cerealella* Olivier. Las dosis de liberación utilizadas fueron 5, 10, 20, 40 y 80 larvas/brote infestado; se incluyó un tratamiento testigo sin liberación del depredador. Los registros de áfidos

consumidos y supervivientes, así como la presencia de otras especies depredadoras fueron realizados cada tercer día.

Análisis Estadístico

A los datos obtenidos en los estudios arriba indicados se les determinaron estadísticos descriptivos y se aplicó un análisis de regresión entre las densidades de liberación del depredador y los áfidos consumidos, tamaño de la colonia eliminada, y el tiempo para eliminar la colonia.

Evaluación de densidades de liberación de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Toxoptera citricida*. Estudio en confinamiento

El estudio se realizó bajo condiciones naturales de campo en el Rancho San Pedro, municipio de Huimanguillo, Tabasco. (17° 42.9' 18'' Latitud Norte y 93° 27' 6.45'' Longitud Oeste), donde se identificaron árboles de naranja var. Valencia atacados por la plaga. En éstos se marcaron ramas con brotes infestados, en las cuales se eliminaron enemigos naturales y se estableció una barrera con pegamento para evitar el paso de hormigas. Todos los áfidos presentes en las hojas de estas ramas fueron contabilizados. En el estudio se evaluaron diferentes proporciones de depredador:presa. Para esto se seleccionaron ramas cuyas hojas en conteo global presentaban infestaciones mayores de 200 individuos de *T. citricida*. El rango de infestaciones encontradas fue de 202-2260 áfidos/rama. El depredador *C. rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), fue producido en laboratorio bajo condiciones de 26±2°C, 55±5% H.R. y fotoperíodo de 16:8 h de L:O. La cría del depredador fue programada

para que la producción de huevos coincidiera con la brotación de los cítricos y posibles infestaciones de la plaga. Los especímenes de *C. rufilabris* utilizados fueron obtenidos de material parental colectado en áreas citrícolas del Estado de Nuevo León. Se utilizó la progenie de la primera generación de insectos reproducidos en el laboratorio. Los huevos del depredador fueron obtenidos de unidades de reproducción establecidas en el laboratorio; diariamente éstos fueron colectados y depositados individualmente en las celdas de rejillas de plástico con 100 celdas cada una, utilizadas en la cría masiva de crisopas en el país.

Las ramas seleccionadas con las diferentes densidades de la plaga fueron cubiertas con una bolsa de tela organdí para evitar el ataque de parasitoides o depredadores de *T. citricida*. En cada rama cubierta con la bolsa se introdujeron 100 huevos cercanos a eclosión de *C. rufilabris*. Diariamente se revisaron las ramas para comprobar presencia de *T. citricida*, *C. rufilabris* y ausencia de otros enemigos naturales y hormigas. Se determinó el tiempo transcurrido entre el día de liberación de los depredadores hasta que las colonias de la plaga fueron eliminadas por completo. A los datos obtenidos se les determinaron estadísticos descriptivos y se aplicó un análisis de regresión entre la proporción depredador:presa y el consumo diario de áfidos, y tiempo para la eliminación de las colonias.

Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Toxoptera citricida*

El estudio se realizó bajo condiciones naturales de campo en el Rancho San Pedro, municipio de Huimanguillo, Tabasco. La metodología del estudio fue muy similar a la arriba descrita en la evaluación en confinamiento. A diferencia de la anterior, en este ensayo las

ramas infestadas por el insecto no fueron confinadas en bolsas. En los árboles seleccionados por presencia de infestación de la plaga, se marcaron hojas y se contabilizó la presencia de *T. citricida* y enemigos naturales. *C. sp. nr. cincta* (Neuroptera: Chrysopidae), fue producida en laboratorio bajo condiciones de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $55\pm 5\%$ H.R. y fotoperiodo de 16:8 h de L:O. La cría de *C. sp. nr. cincta* fue programada para que la producción de huevos coincidiera con la brotación de los cítricos y posible presencia de la plaga. Los especímenes de *C. sp. nr. cincta* utilizados fueron obtenidos de material parental colectado en áreas citrícolas del Estado de Nuevo León. Se utilizó la progenie de la primera generación de insectos reproducidos en el laboratorio. Los procedimientos para obtener los huevos del depredador fueron similares a los indicados para *C. rufilabris*.

En el estudio de evaluación de densidades de liberación de *C. sp. nr. cincta* se incluyeron las siguientes: 0 (testigo), 50, 100, y 200 huevos del depredador/árbol. La liberación se realizó manualmente distribuyendo los huevos con un pincel en las hojas de la periferia del estrato inferior de la copa del árbol. La cantidad de huevos depositados por árbol fue de acuerdo a las densidades indicadas. La edad de los huevos fue de cuatro días; al momento de la liberación prácticamente estaban cercanos a la eclosión. Diariamente se revisaron las hojas marcadas y se determinó el número de especímenes presentes de *T. citricida*, larvas de *C. sp. nr. cincta*, y presencia de otros enemigos naturales del áfido. Lo anterior se realizó en 6-8 brotes vegetativos de cada árbol con liberación del depredador. Cuando las colonias fueron eliminadas por la actividad de los depredadores y enemigos naturales, se seleccionaron nuevas hojas infestadas; lo anterior se realizó durante un periodo de 16 días, tiempo estimado de actividad del depredador bajo condiciones de campo.

En el estudio sobre frecuencias de liberación de *C. sp. nr. cincta* se evaluaron las siguientes: 1. 0 (testigo), 2. Liberación de 200 huevos/árbol en una sola aplicación, 3. Dos liberaciones de 200 huevos/árbol, con la segunda aplicación a los 7 días después de la primera aplicación, 4. Tres liberaciones de 200 huevos/árbol, con la segunda y tercera aplicación a los 5 y 10 días después de la primera aplicación, respectivamente. La metodología utilizada en el presente estudio fue similar a la descrita en el experimento anterior.

Análisis estadístico

A los datos obtenidos en los estudios con *C. sp. nr. cincta* y *C. rufilabris* se les determinaron estadísticos descriptivos y se aplicó un análisis de regresión entre las densidades y frecuencias de liberación del depredador y la tasa de depredación, eliminación diaria de colonias del áfido, áfidos consumidos por colonia, áfidos consumidos diariamente, y tiempo para la eliminación de las colonias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación en campo de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* y *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Toxoptera citricida*

En la evaluación en campo de *C. sp. nr. cincta* contra infestaciones bajas de la plaga, se registraron tasas de depredación que variaban desde 0-100%, con promedios de 21-37%, después de 72 horas de liberar a dicha especie. El mayor porcentaje de control (66%) ocurrió en el tratamiento de cinco larvas de *C. sp. nr. cincta*/brote y el menor (10%) en el tratamiento testigo, sin liberación del depredador (Cuadro 1). Se encontró una relación lineal entre las densidades de liberación del depredador y el porcentaje de brotes donde fueron eliminadas completamente las colonias de pulgón café de los cítricos (Fig. 1); en el rango de densidades del depredador evaluadas, el modelo indica un incremento aproximado de 9% en el control de la plaga por cada incremento unitario en la densidad de liberación de *C. sp. nr. cincta* (Fig. 1).

En la evaluación de *C. rufilabris* contra infestaciones naturales y densidades altas de la plaga, después de 12 días de la liberación de las larvas se observó una tasa de depredación promedio en el rango de 41-59%, siendo los tratamientos con liberaciones de 20 y 80 larvas por brote infestado los que presentaron las tasas mayores de depredación, en relación al testigo sin liberación del depredador (Cuadro 2). Estos valores máximos no ocurrieron en la dosis de 40 larvas, debido a que en los brotes que recibieron esta cantidad de organismos, se observó competencia intra e interespecífica por el consumo de *T. citricida*, además de que se llegó a observar depredación intragrupal (Rosenheim *et al.*, 1995; Burley *et al.*, 2006; Finke y Denno, 2006), lo cual afectó el nivel de control de la plaga (Rosenheim, 2005). También se

observó que esta condición no se presentó en los brotes con liberación de 80 larvas; sin embargo, en éstos se notó dispersión y actividad depredadora rápida de la especie liberada. Es posible que a consecuencia de lo arriba descrito, los modelos obtenidos para la respuesta densidades de liberación del depredador-porcentaje de control, estadísticamente no representaron la información analizada (Fig. 2). La mortalidad natural encontrada en los tratamientos testigos fue ocasionada principalmente por una especie de sírfido del género *Ocyptamus* además de la especie *Pseudodorus clavatus* (Diptera: Syrphidae).

Cuadro. 1. Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes dosis de liberación de larvas de tercer instar de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*

Variable	Dosis de liberación (larvas/ brote infestado)					
	0 (Testigo)	1 larva	2 larvas	3 larvas	4 larvas	5 larvas
Tasa de depredación (%)	17.3	20.9	35.2	25.8	37.5	32.5
Eliminación de colonias de <i>T. citricida</i> (%)	10	30	40	46	37.5	66

Cuadro. 2. Tasas de depredación de *Toxoptera citricida* bajo diferentes dosis de liberación de larvas neonatas de *Chrysoperla rufilabris*

Variable	Dosis de liberación (larvas/ brote infestado)					
	0 (Testigo)	5 larvas	10 larvas	20 larvas	40 larvas	80 larvas
Tasa de depredación (%)	19.3	44	44	52	41	59

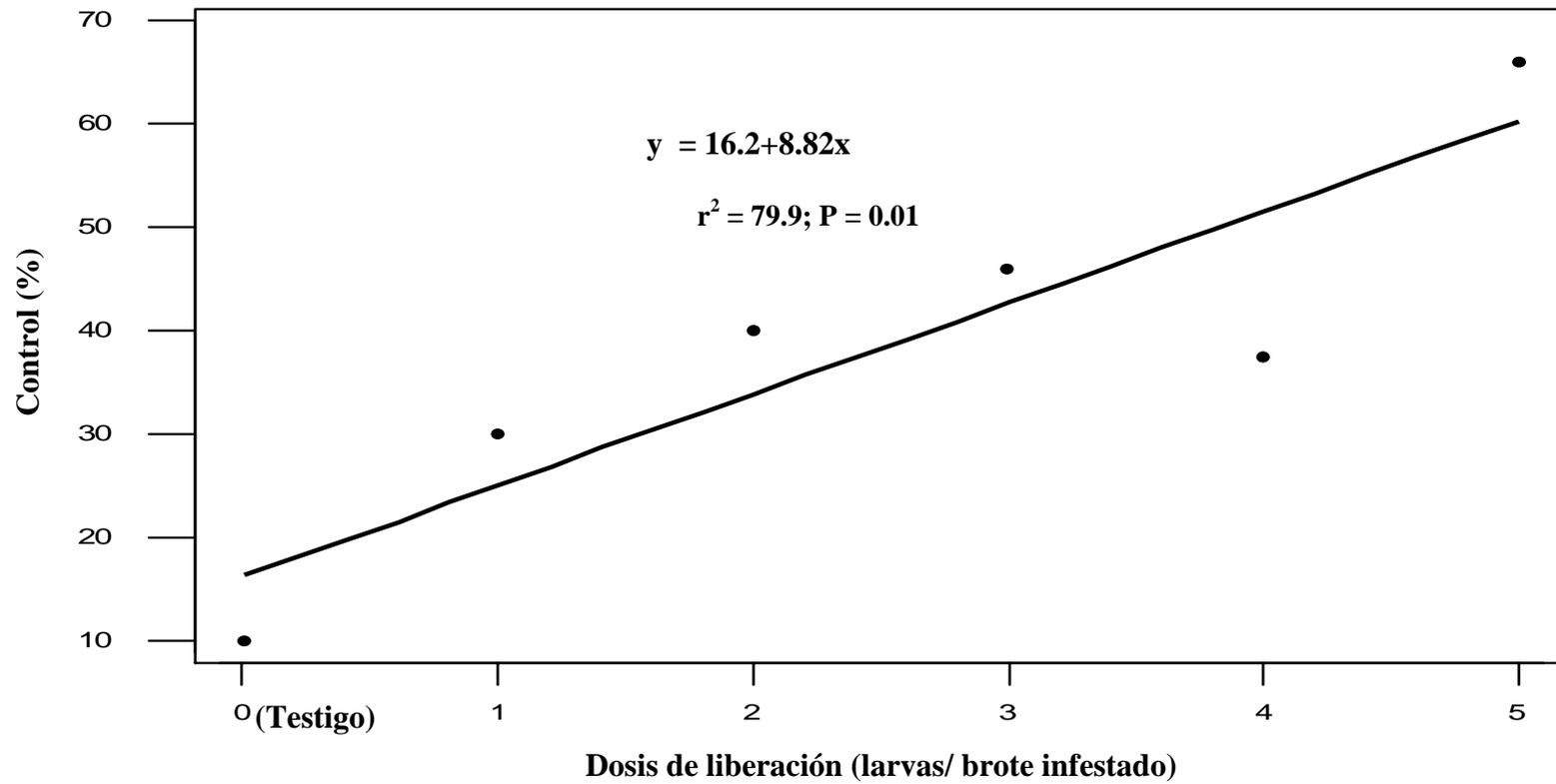


Fig. 1. Control del pulgón café de los cítricos bajo diferentes dosis de liberación de larvas de tercer instar de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) a densidades bajas de la plaga

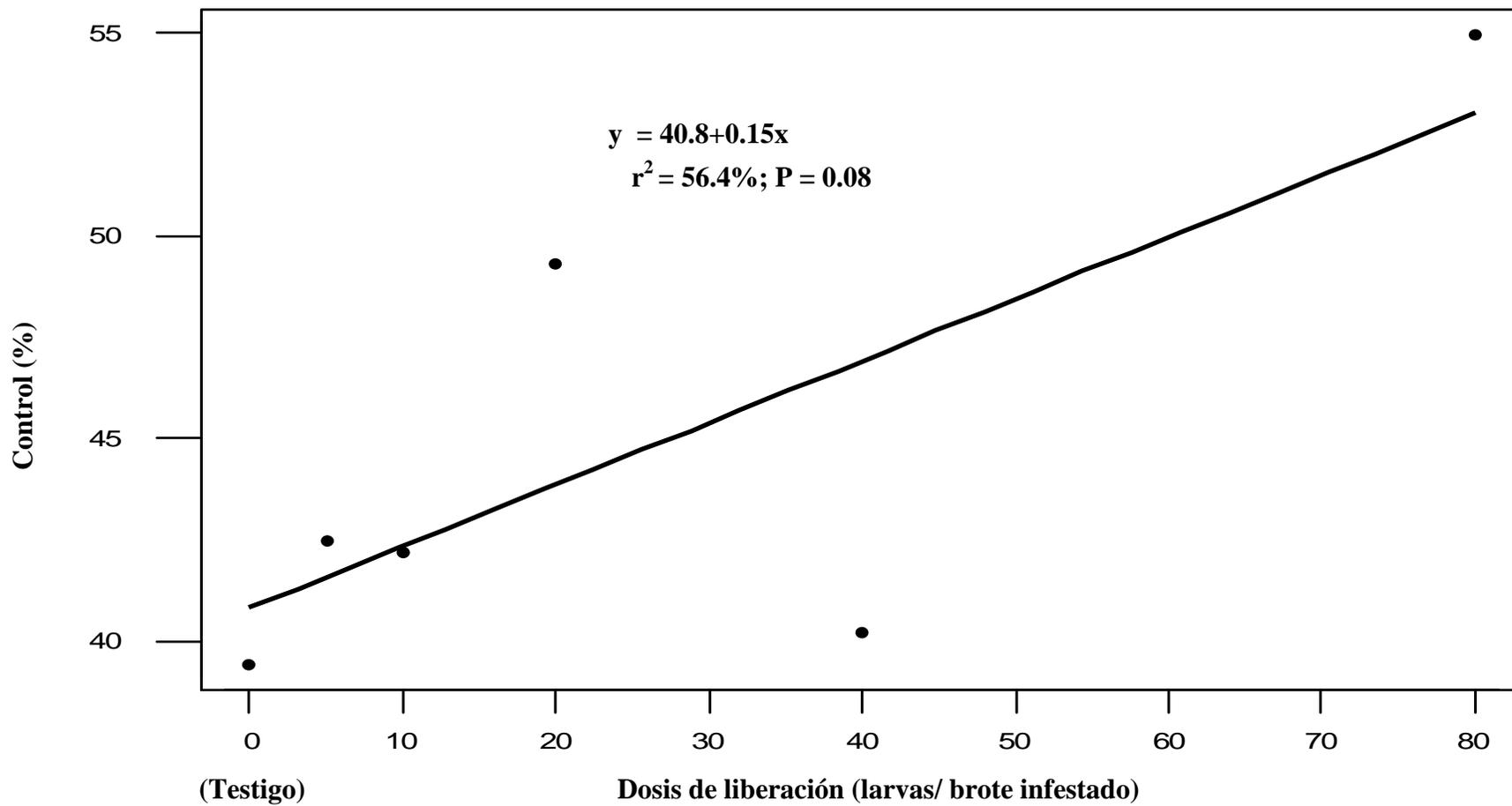


Fig. 2. Control del pulgón café de los cítricos bajo diferentes dosis de liberación de larvas de primer instar de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) a densidades altas de la plaga

Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* para el control de *Toxoptera citricida*

Las densidades de liberación del depredador *C. sp. nr. cincta* evaluadas (50-80 huevos/árbol) produjeron tasas de depredación global en el rango de 37-52%, con un consumo diario de áfidos de 18-23 especímenes. Con lo anterior se ocasionó un porcentaje de eliminación diaria de colonias de la plaga que variaron de 13-20%, con una eliminación global de las colonias de 82-93% en un período de 4-5 días (Cuadro 3). En los árboles sin liberación del depredador (Testigo), la tasa de depredación registrada fue de 49%, con un consumo diario de áfidos de 13 especímenes. La tasa diaria y global de eliminación de colonias fue de 22 y 93%, respectivamente. El tiempo para producir la eliminación de las colonias fue de tres días (Cuadro 4). Estos datos corresponden principalmente a la actividad de un complejo de depredadores constituidos por *Ocyptamus* sp. (Diptera: Syrphidae), *C. sanguinea*, *Ceraeochrysa claveri* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae), *Micromus* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae), *O. v-nigrum*, y *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae). Dichos grupos de organismos benéficos también incidieron en los árboles donde se liberó al depredador *C. sp. nr. cincta*, por lo que no fue posible determinar el efecto individual de cada especie en el control de la plaga. Debido a lo anterior, los modelos de regresión obtenidos no fueron estadísticamente significativos y no contribuyeron a explicar los efectos de los factores en estudio.

En lo que respecta a la evaluación de las frecuencias de liberación del depredador, excepto porque los árboles donde se efectuaron dos y tres liberaciones de 200 huevos de *C. sp. nr. cincta* mostraron una diferencia (no significativa), en el porcentaje de eliminación global de colonias de la plaga, con respecto al testigo de 5 y 7%, respectivamente, en general

se obtuvo una respuesta similar a la obtenida en el estudio anterior, también ocasionada por la incidencia de la diversidad de organismos benéficos que atacaron al pulgón de los cítricos en la región en forma natural. Este fenómeno solo permite sugerir el aprovechamiento de la presencia de dicho complejo para el control de la plaga. Para estudios subsecuentes de evaluación de enemigos naturales, se sugiere eliminar la presencia de los organismos no objetivo, tal como fue efectuado en el ensayo arriba descrito con larvas de tercer instar de *C. sp. nr. cincta*, o el confinamiento de brotes para permitir estimar la actividad de algún enemigo natural, tal como lo es presentado en el estudio siguiente con *C. rufilabris*.

Cuadro. 3. Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes densidades de liberación de huevos de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*

Variable	Promedio \pm Desviación estándar			
	Dosis de liberación de huevos/árbol			
	0 (Testigo)	50	100	200
Tasa de depredación (%)	49.5 \pm 35.1	36.8 \pm 14.3	51.9 \pm 31.2	48.6 \pm 33.0
Eliminación diaria de colonias de <i>T. citricida</i> (%)	22.5 \pm 14.1	13.3 \pm 15.7	20.0 \pm 12.4	15.8 \pm 11.0
Eliminación global de colonias de <i>T. citricida</i> (%)	93.3	84.3	92.8	81.8
Áfidos consumidos/colonia	28.3 \pm 59.9	21.8 \pm 18.4	20.3 \pm 15.7	17.9 \pm 15.0
Días para eliminar colonia	3.2 \pm 2.1	5.2 \pm 3.1	4.2 \pm 2.4	3.8 \pm 2.8
Áfidos consumidos diariamente	13.4 \pm 12.7	22.9 \pm 34	22.9 \pm 25.6	17.8 \pm 36.5

Cuadro. 4. Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes frecuencias de liberación de huevos de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*

Variable	Promedio \pm Desviación estándar			
	Dosis de liberación de huevos/árbol			
	0 (Testigo)	200x1	200x2	200x3
Tasa de depredación (%)	49.4 \pm 39.4	48.6 \pm 33.0	46.6 \pm 36.0	46.8 \pm 37.1
Eliminación diaria de colonias de <i>T. citricida</i> (%)	18.8 \pm 17.1	15.8 \pm 11.0	22.9 \pm 17.5	18.0 \pm 15.1
Eliminación global de colonias de <i>T. citricida</i> (%)	86.2	81.8	91.0	93.9
Pulgones consumidos/colonia	17.1 \pm 19.3	17.9 \pm 15.0	15.2 \pm 11.6	11.4 \pm 7.9
Días para eliminar colonia	4.5 \pm 3.8	3.8 \pm 2.8	3.5 \pm 2.4	4.8 \pm 2.8
Áfidos consumidos diariamente	21.8 \pm 30.7	17.8 \pm 36.5	14.6 \pm 14.8	6.8 \pm 4.6

Evaluación de densidades de liberación de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de *Toxoptera citricida*. Estudio en confinamiento

Con las liberaciones realizadas de *C. rufilabris* contra diferentes niveles de infestación de *T. citricida*, se lograron establecer tasas de depredador:presa que fueron desde un máximo de una larva de *C. rufilabris* por cada tres especímenes de *T. citricida* por brote infestado, hasta la proporción menor de una larva de *C. rufilabris* por cada 23 especímenes de la plaga (Cuadro 5). Con lo anterior se obtuvieron consumos diarios de la plaga en el rango de 63-373 especímenes diarios, eliminación de colonias en los brotes con densidades de 317-2260 áfidos, lo cual llegó a ocurrir entre 5-7 días después de la liberación del depredador. Excepto por una rama infestada por 1404 especímenes de *T. citricida* donde, después de que *C. rufilabris* completó el ciclo larvario, permanecieron 13 áfidos vivos (99.1% de efectividad), en el resto de los árboles la eliminación de las colonias fue total.

La relación depredador:presa y el consumo diario de pulgón café de los cítricos mostró una respuesta curvilínea, resultante de consumo relativamente bajo a densidades menores de la plaga y un incremento en el consumo del pulgón progresivamente decreciente cuando este se presentó en densidades mayores; esta información se ajustó a un modelo cuadrático ($y = 14.93 + 17.51x - 0.584x^2$, $r^2 = 83.1\%$; $P = 0.0001$) (Fig. 3), el cual predice un consumo máximo de la plaga cuando ocurre una relación depredador:presa de 1:15. La respuesta encontrada es similar a la indicada para la respuesta funcional tipo II (van Alphen y Jarvis, 1996; Price, 1997), caracterizada por considerar la existencia de tiempo de manipulación de la presa, el cual reduce por consiguiente el tiempo de búsqueda de la presa futura. A densidades altas de presas, el

depredador dispone de un tiempo proporcional del total disponible resultante de no realizar búsqueda de presas (van Alphen y Jarvis, 1996; Price, 1997).

La relación depredador:presa y los días transcurridos para llegar a eliminar la colonia mostraron una respuesta lineal positiva, la cual se ajustó al modelo lineal: $y = 3.73 + 0.412x$ ($r^2 = 66.8\%$; $P = 0.0001$) (Fig. 4). El coeficiente de regresión indica que por cada incremento unitario en la densidad de presas proporcional al depredador, existiría un incremento de 0.4 días para lograr la eliminación de la colonia. Es necesario denotar que en el presente estudio, aún cuando fue realizado en campo, existieron condiciones de confinamiento que evitaron la presencia de hormigas que defendían las colonias de áfidos, así como de otros depredadores y parasitoides que incidían en la región. Consecuentemente, las predicciones de los modelos obtenidos no consideran estos factores y podrían producir aplicaciones erróneas; sin embargo, el estudio contribuye a obtener una mejor estimación del potencial del depredador en el control de la plaga. Una situación práctica donde *C. rufilabris* o *C. sp. nr. cincta* pudiesen encontrar una ausencia temporal de competidores u hormigas defendiendo la colonia de *T. citricida*, sería al inicio de la colonización de los brotes de cítricos por la plaga, período donde una liberación temprana de cualquier especie evaluada, incluso antes de que existiera presencia del áfido, podría producir reducción significativa de la infestación de los cítricos por el pulgón café, en un plazo corto.

Implicaciones del uso de las especies *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* y *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de *Toxoptera citricida*

Las evaluaciones efectuadas muestran que los depredadores *C. sp. nr. cincta*, y *C. rufilabris*, presentan resultados sobresalientes que sustentan su uso en el control biológico del pulgón café de los cítricos, esto en comparación con *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae), el depredador exótico utilizado en los inicios de la campaña para el control de *T. citricida* (Villarreal *et al.*, 2000; Munguía, 2002). Ambas especies de Chrysopidae tienen capacidad para contribuir en el control de la plaga, con eliminación de colonias de áfidos en un monto superior al 90%, y resultados notables hasta en una proporción depredador:presa de 1:23 áfidos. Aunado a la información obtenida en los estudios realizados, existen datos sobre otras ventajas de la utilización de estos insectos, por ejemplo, ambos depredadores poseen el atributo de estar presentes en forma natural en el país (López-Arroyo, 2001; Ramírez-Delgado, 2007), razón por la que no existirían problemas de adaptación al ser liberados, o efectos colaterales adversos como los asociados a *H. axyridis* (Michaud, 2002b; Huelsman y Kovach, 2004; Kovach, 2004; Nalepa *et al.*, 2004; Koch *et al.*, 2006).

C. sp. nr. cincta, y *C. rufilabris* presentan diferencias que requieren ser denotadas para ser consideradas al momento de seleccionar el depredador a liberar. *C. sp. nr. cincta* posee una larva típica carga-basura, característica que le permite defenderse de enemigos naturales (López-Arroyo, *et al.*, 1999c), presenta un mayor tiempo de actividad depredadora en campo y por lo tanto un mayor potencial para consumir áfidos; además tiene una mayor distribución natural en el país (Tauber y De León, 2001; Ramírez-Delgado, 2007). *C. rufilabris* adolece de lo anterior; sin embargo, algunos laboratorios de cría masiva en el país poseen experiencia en producción comercial de esta especie, por lo que su disponibilidad en el país sería rápida. Para el establecimiento de crías de *C. sp. nr. cincta* u otras especies de *Ceraeochrysa*, se ha

generado información con el presente proyecto que ha complementado a la existente (López-Arroyo, *et al.*, 1999a, b, c, 2000; López-Arroyo y De León, 2002; Ramírez *et al.*, 2007); además, al menos tres laboratorios de producción masiva en el país ya se han involucrado en la producción de esta especie.

Los estudios de evaluación de densidades y frecuencias de liberación de los depredadores mostraron información que fue afectada por la presencia del complejo de enemigos naturales, situación que también se presentó en la evaluación de *Chrysoperla plorabunda* Fitch (Neuroptera: Chrysopidae) en la citricultura de Florida (Michaud, 2001); no obstante lo anterior, nuestros experimentos mostraron el potencial de *C. sp. nr. cincta* y *C. rufilabris* para controlar a la plaga bajo condiciones de ausencia temporal de dicho complejo, razón por la que la utilización de estos depredadores debería de realizarse solamente al inicio de la colonización de la plaga, cuando incide a densidades muy bajas. Bajo poblaciones altas del pulgón café, la estrategia estaría dirigida a aprovechar la actividad de los grupos diversos de enemigos naturales de *T. citricida* que ocurren en el país. En la citricultura de Florida, E.U.A., el control biológico del pulgón café de los cítricos ha sido atribuido a la conservación de enemigos naturales (Michaud, 2002a; Michaud, y Browning, 2002); sin embargo, gran parte de este éxito está basado en la invasión de *H. axyridis* al área citrícola mencionada (Michaud, 2002b), depredador característicamente muy voraz y sin enemigos naturales en el área, en el período en que impactó a las poblaciones de *T. citricida*. En México, se carece de evidencias de la efectividad y establecimiento de este depredador en el sureste del país; es posible que las condiciones del área hayan afectado la adaptación de los insectos liberados. Esta situación no es excepcional y ha sucedido en diversos programas en el mundo (van

Lenteren, 2000). En Estados Unidos de América existió un periodo de al menos 70 años de intentos fallidos para establecer a esta especie (Koch, 2003; Koch, *et al.*, 2006).

Por ser otra la composición de enemigos naturales que enfrentan a *T. citricida* en el país, es perentorio contemplar la liberación de *C. sp. nr. cincta* o *C. rufilabris*. Liberaciones tempranas de 5000 huevos/ha (tasa comercial tradicional), dirigida a los árboles en la periferia que son azotados directamente por el viento, así como en los contiguos a estos, los cuales son los que poseen mayor probabilidad de ser infestados por la plaga (Gottwald *et al.*, 1996), aseguraría la presencia de enemigos de la plaga antes de que ésta inicie a invadir el huerto. Liberaciones subsecuentes podrían ser realizadas en los árboles de las hileras internas del huerto, a donde podrían desplazarse nuevos especímenes migrantes de la plaga. Las liberaciones solo serán necesarias para proteger los brotes durante un período de tres a cuatro semanas, tiempo en el cual permanecen susceptibles de ser atacados por el insecto (Michaud, 1998; Tsai, 1998; Tsai y Wang, 1999; Tsai *et al.*, 1999); sin embargo, en huertos citrícolas del país ocurren densidades bajas de artrópodos benéficos (López-Arroyo, 2001; Ramírez-Delgado, 2007), por lo cual es necesario considerar un uso relativamente frecuente de estos enemigos naturales. Esta medida podría resultar en el mediano plazo en una forma de incrementar las defensas del huerto citrícola contra posibles invasiones de otros insectos perjudiciales; además, en México, la citricultura es atacada por diversas plagas que se encuentran dentro del rango de presas de las especies de Chrysopidae aquí evaluadas, por lo que probablemente también se contribuya a reducir el ataque y daño de éstas (López-Arroyo *et al.*, 2003). A diferencia del uso de insecticidas, un mayor uso de estos agentes de control biológico solo repercutirá en beneficios para la citricultura y la ecología del país.

Cuadro 5. Efecto de la relación depredador (*Chrysoperla rubilaris* [Neuroptera: Chrysopidae]): presa (*Toxoptera citricida* [Homoptera: Aphididae]) en la eliminación de colonias de la plaga

Relación depredador: presa (<i>C. rufilabris</i>:<i>T. citricida</i>)	No. de áfidos consumidos/día	No. de áfidos/colonia eliminada	No. de días para eliminar la colonia
1:3±1	63.3±18.0 (5)	316.6±90.1 (5)	5.0±0.0 (5)
1:5±1	92.1±20.0 (4)	521.0±69.7 (4)	6.0±2.2 (4)
1:8±1	110.0±13.2 (4)	742.5±109.2 (4)	6.7±0.5 (4)
1:13±1	101.9±8.2 (2)	909.7±132.9 (2)	6.2±1.4 (2)
1:23	376.7 (1)	2260 (1)	6 (1)

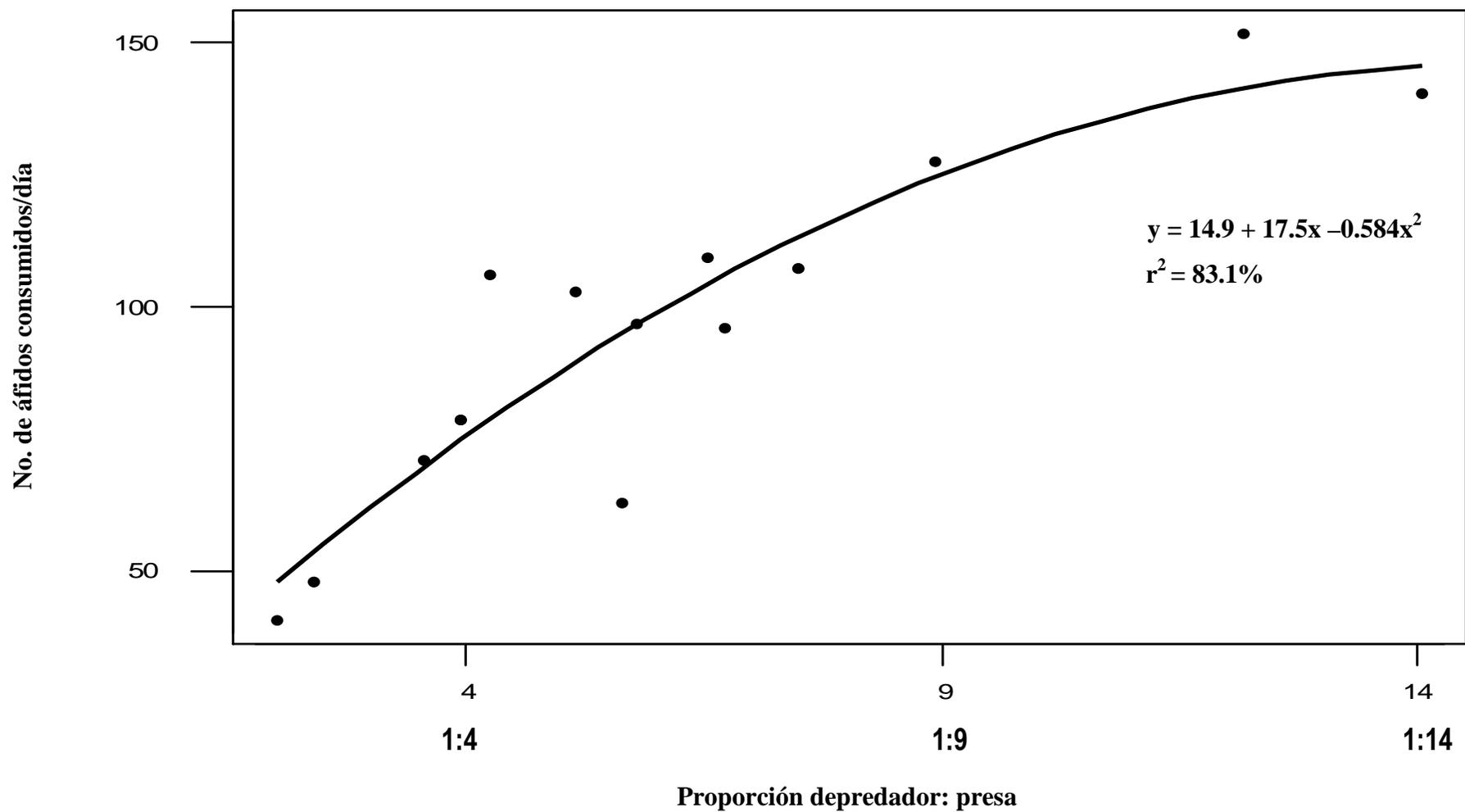


Fig. 3. Consumo diario en campo de pulgón café de de los cítricos por *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) bajo diferentes proporciones depredador: presa en brotes de cítricos infestados. Estudio en confinamiento

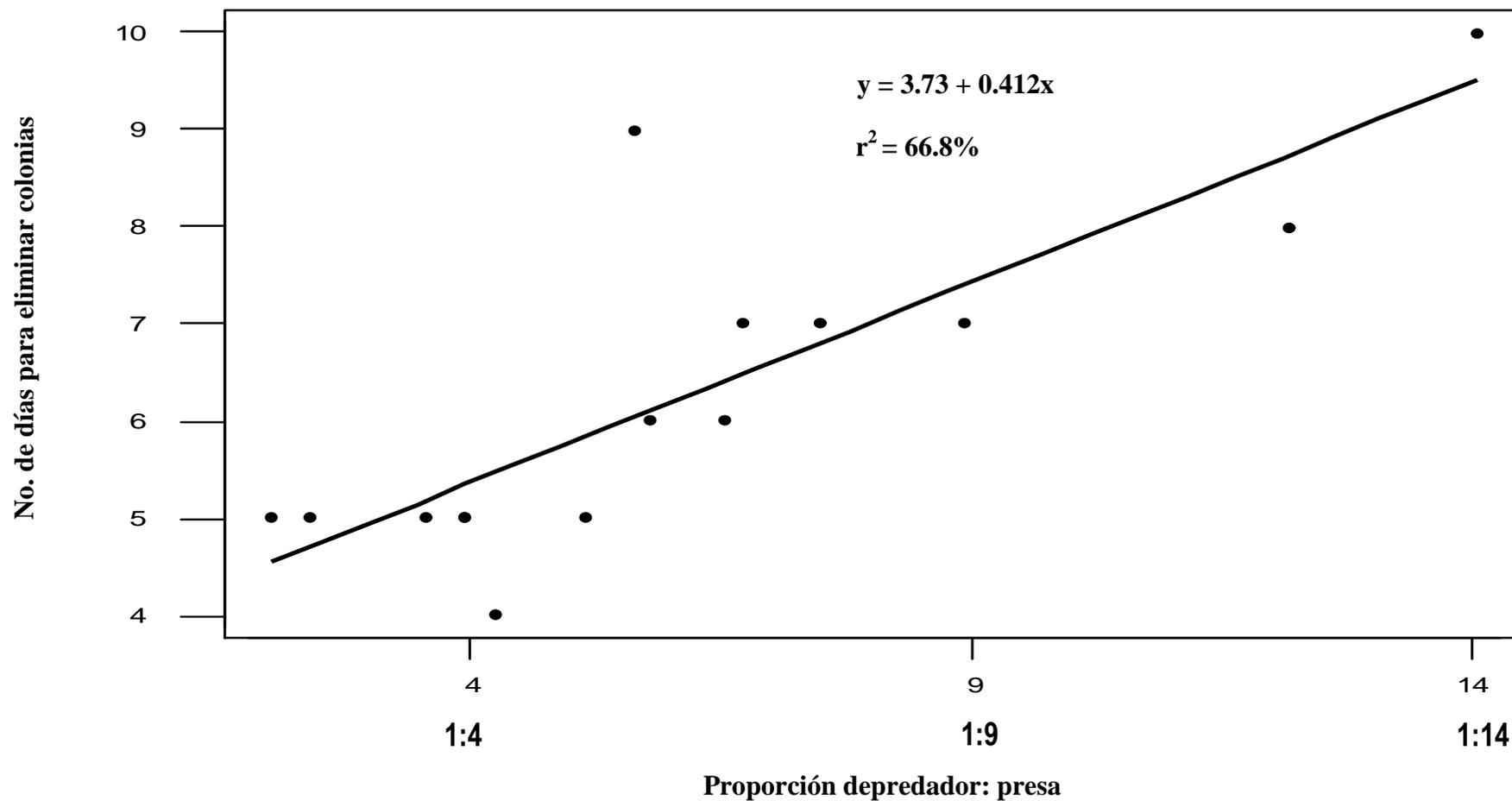


Fig. 4. Tiempo para la eliminación de colonias por el ataque de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) bajo diferentes proporciones depredador: presa en brotes de cítricos infestados. Estudio en confinamiento

CONCLUSIONES

 Los estudios permitieron determinar a un complejo de organismos benéficos que disminuyen hasta en un 93% las colonias de áfidos, sin embargo no fue posible determinar el efecto individual de cada especie en el control de la plaga ni comprobar cual de los depredadores fue el mejor.

 Estadísticamente, las frecuencias de liberación no fueron significativas, sin embargo, las liberaciones de enemigos naturales del pulgón café de los cítricos, son muy necesarias para proteger los brotes tiernos por un periodo de tres a cuatro semanas, que es el tiempo en el cual la planta permanece susceptible de ataque de plagas. Debido a que en el país ocurren densidades bajas de organismos benéficos es necesario pues, considerar un uso frecuente de estos enemigos naturales.

 El uso de insecticidas para el combate de insectos plaga en los diferentes cultivos, sólo genera gastos elevados en la producción y poner en riesgo la fauna y flora de los ecosistemas cercanos, así como la especie humana, tras contaminar el aire, suelo y agua por los desechos producidos. De esta manera, un mayor uso de agentes naturales como medio de control biológico repercutirá en beneficios para la agricultura y ecología del país.

LITERATURA CITADA

- Aspöck, H. 1992. The Neuropteroidea of Europe: A review of the present knowledge, 43-56. *In*: M. Canard, H. Aspöck, and M.W. Mansell (Ed.). Pure and applied research in Neuropterology. Proceedings of the 4th International Symposium on Neuropterology. Toulouse, France.
- Burley, L.A., A.T. Moyer, and J.W. Petranka. 2006. Density of an intraguild predator mediates feeding group size, intraguild egg predation, and intra- and interspecific competition. *Oecologia* 148:641-649.
- Clausen, C.P. 1940. Entomophagous insects. Mc Graw-Hill. E.U.A. pp. 597-600.
- Denmark HA. 1990. A field key to the citrus aphids in Florida (Homoptera: Aphididae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Gainesville, Florida. Entomology Circular No. 335. 2p.
- Eisner, T., A. B. Attygales, W. E. Conner, M. Eisner, E. MacLeod, and J. Meinwald. 1996. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 3280-3283.
- Finke, D., and R. Denno. 2006. Spatial refuge from intraguild predation: implications for prey suppression and trophic cascades. [Oecologia](#) 149: 265-275.

Gottwald, T.R. S.M. Garnsey, M. Cambra, P. Moreno, and M. Irey, 1996. Differential effects of *Toxoptera citricida* vs. *Aphis gossypii* on temporal increase and spatial patterns of spread of citrus tristeza virus. Pag. 120-1120-129, in: Proc. 13 th Conf. Intern. Organ. Citrus Virol. Riverside, California.

Hagen, K. S., and R. L. Tassan. 1970. The influence of food Wheast and related *Saccharomyces fragilis* yeast products on the fecundity of *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Can. Entomol. 102: 806-811.

Hagen, K. S., E. F. Sawall and R. L. Tassan. 1971. The use of food saprays to increase effectiveness of entomophagous insects, pp. 59-82. proceedings of the Tall Timbers Conference of Ecological Control by Habitat Management. Tallahassee, FL.

Hagen, K. S., and G. W. Bishop. 1979. Use of supplemental foods and behavioral chemicals to increase the effectiveness of natural enemies, pp. 49-60. In: D. W. Davis, S. C. Hoyt, J. A. McMurtry and M. T. Ali Niazee (Eds.). Biological control and insects pest management (Agricultural Science Publication 4096). University of California, Berkeley

Huelsman, M., and J. Kovach. 2004. Behavior and treatment of the multicolored Asian lady beetle (*Harmonia axyridis*) in the urban environment. American Entomol. 50: 163-164.

- James, D. G. 2003. Synthetic herbivore-induced plant volatiles as field attractants for beneficial insects. *Environ. Entomol.* 32: 977-982.
- James, D. G. and T. S. Price. 2004. Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. *J. Chem. Ecol.* 30: 1613-1628.
- Landins, D. A. and D. B. Orr. 1999. Biological control: Approaches and applications. *In* E. B. Radcliffe and W. D. Hutchinson (eds.). *radcliffe's IPM World Textbook*, URL: <http://ipmworld.umn.edu>, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Koch, R.L. 2003. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *J. Insect Science* 3:1-16.
- Koch, R.L., R.C. Venette, and W.D. Hutchinson. 2006. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: implications for South America. *Neotropical Entomology* 35:421-434.
- Komazaki S. 1987. Growth and reproduction in the first two and summer generations of two citrus aphids, *Aphis citricola* van der Goot and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae), under different thermal conditions. *Applied Entomology and Zoology* 23: 220-227.
- Kovach, J. 2004. Impact of multicolored Asian lady beetle as a pest of fruit and people. *American Entomol.* 50: 159-161.

- Lee, R.F, Roistacher, C.N., Niblett, C.L., Lastra, R., Rocha-Peña, M., Garnsey, S.M., Yokomi, R.K., Gumpf, D.J., and Dodds, J.A. 1992. Presence of *Toxoptera citricidus* in Central America: A threat to citrus in Florida and the United States. Citrus Industry 73.
- López-Arroyo, J.I. 2001. Depredadores de áfidos asociados a los cítricos en Nuevo León, México. In: Memorias del Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Julio de 2001. Querétaro, Qro.
- López-Arroyo, J.I., y T. De León. 2002. Reproducción de *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) en unidades de oviposición con densidades diferentes de adultos. In: Memorias del Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre de 2002. Hermosillo, Son.
- López-Arroyo, J.I., T. De León, M. Ramírez, y J. Loera. 2005. Especies de *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) presentes en México. En: Memorias del curso Taxonomía de Insectos Entomófagos. Sociedad Mexicana de Control Biológico. San Miguel de Allende, Gto., Méx.
- López-Arroyo, J.I., J. Loera Gallardo, M.A. Reyes Rosas, y M.A. Rocha Peña 2003. Estado actual de las plagas potenciales de los cítricos en México ¿Es la oportunidad para el uso de depredadores?, pp. 249-263. In: R. Alatorre y V. Sandoval (Ed.) Memorias del XIV Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre 3-5 2003. Guadalajara, Jalisco, Méx.

- López-Arroyo, J.I., C.A. Tauber, and M.J. Tauber. 1999a. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: *Ceraeochrysa*). *Environmental Entomology* 28 (6): 1183-1188.
- López-Arroyo, J.I., C.A. Tauber, and M.J. Tauber. 1999b. Intermittent oviposition and re-mating in *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America* 92 (4): 587-593.
- López-Arroyo, J.I., C.A. Tauber, and M.J. Tauber. 1999c. Comparative life-histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 208-217.
- López-Arroyo, J.I., C.A. Tauber, and M.J. Tauber. 2000. Storage of lacewings eggs: Poststorage hatching and quality of subsequent larvae and adults. *Biol. Control* 18: 165-171.
- Marín-Jarillo, A. 2003. Bioecología de Coccinellidae (Coleóptera), pp. 52-58. In: J.I. López-Arroyo y M.A. Rocha-Peña (Ed.) Memorias del Curso Nacional “Identificación y aprovechamiento de depredadores en control biológico: Chrysopidae y Coccinellidae”. INIFAP, Universidad Autónoma de Nuevo León. Julio 21-25 de 2003. Monterrey, N.L., Méx.
- Masters, W.M., and T. Eisner. 1990. The escape strategy of green lacewings from orb webs. *J. Insect Behav.* 3: 143-157.

- McEwen, P. K., M. A. Jervis and N. A. C. Kidd. 1994. Use of a sprayed L-tryptophan solution to concentrate numbers of the green lacewing *Chrysoperla carnea* in olive tree canopy. *Entomol. Exp. Applicata* 70: 97-99.
- Mensah, R. K. 1997. Local density responses of predatory insects of *Helicoverpa* spp. to a newly developed food supplement "Envirofeast" in commercial cotton in Australia. *Int. J. Pest Management* 43: 221-225.
- Michaud, J.P. 1998. A review of the literature on *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Fla. Entomol.* 81: 37-61.
- Michaud, J.P. 2000. Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Biol. Control* 18: 287-297.
- Michaud, J.P. 2001. Evaluation of green lacewings, *Chrysoperla plorabunda* (Fitch) (Neurop., Chrysopidae), for augmentative release against *Toxoptera citricida* (Hom., Aphididae) in citrus. *J. applied entomology* 125: 383-388.
- Michaud, J.P. 2002a. Classical biological control: A critical review of recent programs against citrus pests in Florida. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95: 531-540.
- Michaud, J.P. 2002b. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environ. Entomol* 31: 827-835.

- Michaud, J. P., and H.P. Browning. 2002. Three targets of classical biological control in the Caribbean: Success, contribution, and, failure. In : Proceedings of the first International Symposium in Biological Control of Arthropods. February, 2002. Honolulu, Hawaii.
- Molleman, F., D. Drukker and L. Brommers. 1997. A trap for monitoring pear psylla predators using dispersers with the synomone methylsalicylate. Proceedings of the Section Experimental and applied Entomology of the Netherlands Entomological Society 8: 177-182.
- Muma, M.H. 1959a. Chrysopidae associated with citrus in Florida. *Fla. Entomol.* 42:149-153.
- Muma, M.H. 1959b. Hymenopterous parasites of Chrysopidae on Florida citrus. *Fla. Entomol.* 42: 21-29.
- Nalepa, C.A., G.G. Kennedy, and C. Brownie. 2004. Orientation of multicolored Asian lady beetle to buildings. *American Entomol.* 50: 165-166.
- Nordlund, D. A., A. C. Cohen and R. A. Smith. 2001. Mass-rearing, release techniques, and augmentation, pp. 303-319. *in*: P. McEwen, T. R. New and A. E. Whittington (Ed.). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge, U. K.

- Núñez, E. 1988a. Chrysopidae (Neuroptera) del Perú y sus especies mas comunes. *Rev. Per. Entomol.* 31: 69-75.
- Núñez, E. 1988b. Ciclo biológico y crianza de *de Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera, Chrysopidae). *Rev. Per. Entomol.* 31: 76-82.
- Price, P.W. 1997. *Insect Ecology*. 3rd. ed. John Wiley & Sons. New York. 874 pp.
- Proprawski, T. J., P. E. Prker and J. H. Tsai. 1999. Laboratory and field evaluation of hyphomycete ensect pathogenic fungi for control of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 28: 315-321.
- Ramírez-Delgado, M. 2007. Diversidad, distribución y atributos bioecológicos de especies de Chrysopidae asociadas a los frutales del Norte y Centro de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Univ. Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de Los Garza, N. L., México.
- Ramírez-Delgado, M., J. I. López-Arroyo, A. González-Hernández, M.H. Badii. 2007. Rasgos biológicos y poblacionales del depredador *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Zoológica Mexicana* (en revisión).
- Rodríguez, L.A., y H.C. Arredondo. 1999. Quién es quién en control biológico en México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Tamaulipas, Méx. Folleto técnico no. 23. 147 pp.

- Rosenheim, J.A. 2005. Intraguild predation of *Orius tristicolor* by *Geocoris* spp. and the paradox of irruptive spider mite dynamics in California cotton. *Biological Control* 32: 172–179.
- Rosenheim, J.A., H.K. Kaya, L.E. Ehler, J.J. Marois, and B.A. Jaffee. 2005. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biological Control* 5: 303-335.
- Smith, R.C. 1922. The biology of Chrysopidae. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Mem.* 58: 1291-1372.
- Tauber, C.A., and T. De León. 2001. Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Larvae of *Ceraeochrysa* from México. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 197- 209.
- Thompson, S. N. and K. S. Hagen. 1999. Nutrition of entomophagous insects and other arthropods, pp. 594-652. *In:* T. S. Bellows and T. W. Fisher (Eds.). *Handbook of Biological Control*. Academic Press. San Diego. Van Emden, H. F. and K. S. Hagen. 1979. Olfactory reactions of the green lacewing *Chrysopa carnea* to tryptophan and certain breakdown products. *Environ. Entomol.* 53: 469-473.
- Tsai, J.H. 1998. Development, survivorship, and reproduction of *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) on eight host plants. *Environ. Entomol.* 27: 1190-1195.

- Tsai, J.H., and Wang. 1999. Life table study of brown citrus aphid *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) at eight constant temperatures. *Environ. Entomol.* 28: 413-419.
- Tsai, J.H., R.F. Lee, Y. Liu, and C.L. Niblett. 1999. Biology and control of brown citrus aphid (*Toxoptera citricida* Kirkaldy) and citrus tristeza. Radcliffe's IPM World textbook. University of Minnesota. <http://ipmworld.umn.edu/chapters/tsaietal.htm>.
- van Alphen, J.J.M., and M.A. Jarvis. 1996. Foraging behaviour, pp. 1-62. In: M. Jarvis and N. Kidd (eds.) *Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation.* Chapman & Hall. London.
- van Lenteren, J.C. 2000. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies, pp. 77-103. *In: Gurr, G. & S. Wratten (eds.), Biological control: measures of success.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 429 pp.
- Villarreal, L.A., A.M. Ramírez, P.L. Robles. 2000. Campaña contra el virus tristeza de los cítricos en México. *Memorias Séptima Reunión Anual del Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario.* Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Comisión Nacional Agropecuaria. Puebla, Puebla, Octubre 24-26.
- Yokomi, R. K., R. Lastra, M. B. Stoetzel, V. C. Damsteegt, R. F. Lee, S. M. Garnsey, T. R. Gottwald, M. A. Rocha-Peña and C. L. Niblett. 1994. Establishment of the brown

citrus aphid (Neuroptera: Chrysopidae) in Central America and Caribbean Basin and transmission of citrus tristeza virus. *Journal of Economic Entomology* 87 (4): 1078-1085.

Yokomi, R. K., P. A. Stansly, E. A. Rodriguez and T. R. Gottwald. 1995. Chemical mitigation de brown citrus aphid population in Puerto Rico. Pp 75-76 in *Proceedings of the Third International Workshop on Citrus Tristeza Virus and Brown Citrus Aphid in the Caribbean Basin: Management strategies*. Lake Alfred, FL. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.