

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



**EVALUACIÓN EN LABORATORIO DE DEPREDADORES PARA EL
CONTROL DEL PULGÓN CAFÉ DE LOS CÍTRICOS (Homoptera:
Aphididae)**

Por:

JUAN RAMON EFRAIN BARAJAS GALVEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2007

DEDICATORIA

A Dios por brindarme las fuerzas necesarias para salir adelante, por que gracias a él supe resolver de buena manera los problemas que se me presentaron en estos cuatro años de estancia en UAAAN, pero sobre todo por darme la visión y la claridad de lo que yo quería lograr dentro de mi alma mater.

A mis padres:

Alberto Barajas Ávila (†)

María Concepción Gálvez Navarro

Por tener la fortuna de ser hijo de ellos, por que sin importar las circunstancias adversas me dieron la oportunidad de estudiar, además de otorgarme valores fundamentales en mi vida y en mi manera de pensar, también muchas gracias a mi padre que me educo con mano dura, lo cual se lo agradezco infinitamente pues de esa manera me forje un carácter fuerte.

A mis hermanos:

Sergio, Marco, Bety, Evelia, Tere.

Pero en especial a mi hermana Rebeca por bríndame su apoyo incondicional en las buenas y en las malas, pues sin su apoyo hubiera sido prácticamente imposible finalizar mis estudios profesionales.

A mi cuñado Gabriel Romero D.

Por su amistad, apoyo y confianza incondicional que me brindo en todos los momentos que lo necesite y hasta la fecha, gracias a ti Gabriel ya que sin tu ayuda no hubiera podido culminar mis estudios.

A todas las personas que me brindaron su amistad, apoyo y conocimientos:

Dr. Reynaldo Alonso, a mi padrino Ing. Reyes Vaquera, Ing. Peña Oranday, Ing. Francisco Valdés O., Ing. Chuy Valenzuela, Ing. Gerardo Rodríguez. Ing. Ricardo Montelongo, Ing. Rafael de la Rosa, Ing. Guevara. Ing.

José Domínguez. Y a todas las personas que se me pudieron haber escapado en esta lista, que estuvieron a mi lado en mi estancia en esta institución gracias.

En especial al Dr. José I. López Arroyo, por su apoyo y permitirme participar en su proyecto dentro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), en el campo agrícola experimental General Teran.

Mis amigos:

Mago, Ticho, Pepe, Seco, Soruyo, chaco, lalo.

La lista pudiera ser muy larga, pero a todo aquel que estuvo a mi lado y que me brindo su amistad les agradezco.

A mi novia: Alejandra Díaz.

Gracias por tu apoyo y por saber tolerarme durante todo este tiempo., y también a mi suegra por brindarme su confianza en todo momento.

A mi ALMA TERRA MATER:

La que me brindo estancia en su lecho durante mi desarrollo profesional, por que es una universidad de nobleza y lealtad. "siempre te recordare".
GRACIAS.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	4
HIPÓTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
-Potencial de los depredadores <i>Ceraeochrysa</i> y especies de <i>Coccinellidea</i> par el control de <i>Toxoptera citricida</i> .	7
-Diversidad vegetal y uso de alimentos suplementarios para el manejo de poblaciones de sírfidos y otros enemigos naturales.	9
-Diversidad y estabilidad en ecosistemas y definiciones de conceptos	11
MATERIALES Y MÉTODOS	12
-Evaluación y selección en laboratorio de depredadores del pulgón café de los cítricos.	12
-Evaluación de densidades de liberación de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i> . Estudio en confinamiento.	14
-Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de <i>Ceraeochrysa sp. nr. cincta</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i> .	16

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
-Evaluación y selección en laboratorio de depredadores del pulgón café de los cítricos.	19
-Evaluación de densidades y frecuencias de liberación de <i>Ceraeochrysa sp. nr. cincta</i> para el control de <i>Toxoptera citricida</i> .	23
-Evaluación de densidades de liberación de <i>Chrysoperla rufilabris</i> (Neuroptera: Chrysopidae) para el control de <i>Toxoptera citricida</i> . Estudio en confinamiento.	27
-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> .	29
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	34

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

- Fig. 1.** Consumo de pulgón café por diferentes especies de depredadores (Neuroptera: Chrysopidae, Coleóptera: Coccinellidae). *Chrysoperla comanche*, *C. externa* y *C. rufilabris* fueron comparadas en un ensayo diferente. 21
- Fig. 2.** Período de consumo sobre pulgón café por diferentes especies de depredadores (Neuroptera: Chrysopidae, Coleóptera: Coccinellidae). *Chrysoperla comanche*, *C. externa* y *C. rufilabris* fueron comparadas en un ensayo diferente. 22
- Cuadro. 1.** Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes densidades de liberación de huevos de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*. 25
- Cuadro. 2.** Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes frecuencias de liberación de huevos de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*. 26

Evaluación en laboratorio de depredadores para el control del pulgón café de los cítricos (Homoptera: Aphididae)

Introducción

El pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae), es el vector más eficiente del virus 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 *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 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 (e.g., *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.

OBJETIVO

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.

HIPOTESIS

Entre la deversas especies de Chrysopidae existen, algunas con mayor potencial que otras, para el control de *T. citricida*.

REVISION DE LITERATURA

Una estrategia para el manejo de pulgón café de los cítricos, vector del virus de la tristeza de los cítricos (VTC), la cual podría incluirse fácilmente en el manejo integrado del complejo virus-vector, es el control biológico del insecto. Los estudios existentes a nivel mundial en esta área señalan el posible potencial de este (Halbert y Brown, 1996; Michaud, 1998): sin embargo, solo se ha explotado el uso de entomopatogenos (Rondon et al., 1981; Poprewski *et al.*, 1999) y parasitoides (Yokomi y Tang, 1996; Deng y Tsai, 1998) la utilización de este ultimo grupo de agentes ha sido considerado un fracaso para el control del pulgón café de los cítricos en Florida (Michaud y Brownig, 2002). Una opción mas para el control biológico de *T. citricida* es el uso de depredadores generalistas y hongos entomopatogenos como enemigos naturales del vector de VTC (Michaud, 2000, Michaud y Belliure, 2001; Michaud y Browning 2002).

Los insectos depredadores del genero *Ceraeochrysa* (Neuroptera Chrysopidae) constituyen una excelente alternativa para el control biológico de *T. citricida*. Estos depredadores, al igual que otros crisopidos de gran importancia para la agricultura (e.g. *Chrysoperla*), son reconocidos como eficientes afidofagos. Además, *Ceraeochrysa* presenta ventaja sobre estos noble enemigos naturales: 1) tienen mecanismos par defenderse de sus propios enemigos naturales, por lo que sus poblaciones no son diesmadas drásticamente por este factor (Smith, 1922; Muma, 1959 a,b; Masters y Eisner 1990; Eisner *et al.*, 1994).

2) presentan una gran distribución en México y una relativa riqueza de especies (Tauber de Leon, 2001). 3) en la naturaleza ciertas especies de *Ceraeochrysa* están fuertemente asociado a los cítricos (Muma 1957-1959 a, b;). Varias especies de *ceraeochrysa* han sido observadas atacando el pulgón café de los cítricos (Michaud 1998). Los hábitos de este depredador, aunados a su gran voracidad para consumir afidios, así como la tecnología para su producción masiva (López-Arroyo et al., 1999 a,b,c 2000), hacen factible contemplarlo como un excelente candidato para utilizarlo en el control biológico de *t. citricida*.

Aunado a *ceraeochrysa*, existen varias especies de coccinelidos nativos (coleoptera: coccinellidae) que también han demostrado actividad depredadora de *T. citricida*, ya que además poseen características que pueden ser aprovechadas para ser producidas en crías masivas de estos insectos (Chambers y Adams, 1986; Mihaud y Browning 2000,2002). Otro grupo de depredadores con potencial para atacar a *T. citricida* son las especies de sírfidos (Diptera:syrphidae) (Mihaud y Bellure, 2001;Bellure y Michaud 2001); sin embargo debido a las dificultades para implementar crías masivas de estos insectos, se requiere de alternativas de conservación para su aprovechamiento en el campo (chambers y Adams,. 1986; Sutherland et al., 2001), como es la manipulación de estas poblaciones naturales de sírfidos, mediante el uso de asperciones de atrayentes y alimentos suplementarios (Bunderberg y Powell 1992), y atreves del establecimiento de plantas que favorezcan la presencia de estos importantes depredadores de áfidos en cítricos (Sutherland et al., 1999; Browning y Michaud, 2000).

Potencial de los depredadores *Ceraeochrysa* y especies de *Coccinellidea* par el control de *Toxoptera citricida*.

El genero *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) es exclusivamente americano y neotropical, con un rango geográfico de sus especies desde el sur de Canadá hasta el extremo sur de Chile en Sud América (Adams 1982; Brooks y Bernard, 1990) actualmente, existen alrededor de 40 especies descritas de *Ceraeochrysa*; de estas, 16 se encuentran presentes en México (Tauber y de León 2001).

Las especies de *Ceraeochrysa* ocurren en abitas diversos, por ejemplo: bosques de clima húmedo y secos, pastizales, huertos frutícolas y en cultivos anuales y perennes (Muma 1959; Adams 1992; Olaso 1987; Books y Bernard 1990. las larvas de *ceraeochrysa* depredan artrópodos de cuerpo blando y sus huevos, generalmente incluyendo una gran cantidad de plagas económicamente importantes. Los Adultos Se alimentan de polen y mielecilla (Smith, 1922; Muma 1959 a, b; Brooks Barnard 1990; Dean y Schuster 1995). Debido a la frecuente y muy fuerte asociación de estos depredadores con plagas en diversos sistemas de cultivo, las especies de *Ceraeochrysa* parecen ser enemigos naturales y excelentes candidatos para su uso en programas de control biológico. Por ejemplo *Ceraeochrysa cubana* (Hagen), la cual ocurre en una gran variedad de cultivos, tiene un gran potencial para ser creadas masivamente, así como para manipular sus poblaciones bajo condiciones de campo (Muma 1959; López-Arroyo *et al.*, 1999 a, b, c). En laboratorio ha sido

producida como una dieta larval basada en *T. citricida* (Venzon *et al.*, 1996). *C. cubana* es también tolerante a varios insecticidas (Mattioli *et al.*, 1992; Carvalho *et al.*, 1994), una característica que incrementa su valor para uso en el manejo integrado de plagas. En edición las especies de *Ceraeochrysa* generalmente parecen bien definidas contra sus propios enemigos naturales, por lo cual, en comparación con otros depredadores producidos comercialmente, son menos vulnerables a la depredación ejercida por otros grupos de insectos, por ejemplo: las larvas son cripticas; se cubren con restos de presas, secreciones serosas, exuvias y diferentes partes de la planta (Smith, 1992; Muma, 1959; Eisner y Silver gliend, 1998; Manson *et al.*, 1991); los adultos defienden químicamente sus huevos (Eisner *et al.*, 1994) y tiene habilidad para escapar de la telarañas (Masters y Eisner, 1990). Además las especies *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana* y *C. smithi* tienen un gran potencial para ser producidas en México (López-Arroyo *et al.*, 1999 a, b, 2000), por lo que su aprovechamiento en el control biológico de *T. citricida* podría ser relativamente rápido.

Varias especies de *Coccinellidea* (Coleoptera) frecuentemente son señalados por presentarse asociados a cítricos (Michaud, 1998; López-Arroyo 2001) donde ataca un amplio rango de especies de áfidos, incluyendo a *T. citricida* (Michaud, 1998, 2000; Michaud y Browning, 2002). La presencia en México de *Cycloneda sanguínea*, *Hipodamia convergens*, y *Olla v-nigrum* en cítricos (López-Arroyo, 2001), además de la gran voracidad de estos insectos para consumir áfidos, así como la factibilidad de desarrollar tecnología para su producción masiva, hacen factible considerarlos como excelentes candidatos

para utilizarlos en el control biológico del pulgón café de los cítricos (Michaud 2000).

Diversidad vegetal y uso de alimentos suplementarios para el manejo de poblaciones de sírfidos y otros enemigos naturales.

La diferencia en la riqueza de especies de plantas puede afectar la ecología de los insectos herbívoros a través de un número diferente de mecanismos (Risch, 1980; Shelton y Edwards, 1983). Dentro de estos se encuentra la interferencia física de la colonización del cultivo y la dificultad mayor de los insectos para encontrar un huésped, en situaciones en donde la planta alimenticia se encuentra dispersa entre otra vegetación (Root, 1973; Cromartie 1981; Capinera *et al.*, 1985). Además, la diversificación del cultivo puede actuar como un medio para inhibir la orientación visual y olfatoria del insecto plaga, así como afectar su reproducción (Cromartie, 1981; Kemp y Barrett, 1989).

No obstante lo anterior, frecuentemente los sistemas de cultivos diversificados son señalados por presentar mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales de las plagas, por lo cual estos son mas efectivos en controlar los diferentes artrópodos nocivos que inciden en las plantas (Risch *et al.*, 1983; Price, 1987; Russell, 1989; Smith y McSorley, 2000). En lo que respecta a los sírfidos afidofagos, la selección de sistemas de diversificación del huerto cítrícola es crítica ya que se podría afectar la incidencia de larvas de sírfidos en el árbol; esto debido a que la hembra en estado adulto presenta fases de

selección de sitios de ovoposición y la propia ovoposición, que son estimuladas por una serie de procesamientos de señales sensoriales provenientes del tamaño, densidad y color del grupo de vegetación, además del tamaño de la colonia de áfidos y la presencia de mielecilla(Sutherland *et al.*, 1999, 2001). La diversificación del huerto citrícola debe de contemplar la presencia de especies vegetales como *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens pilosa*, *Chenopodium botrys*, *Solarium americanum*, *Taraxacum sp.* , señaladas por favorecer la incidencia de sírfidos depredadores (Browning y Michaud, 2000).

La respuesta arriba citada de los sírfidos depredadores a la mielecilla de los áfidos (Budenberg Powell, 1992; Sutherland *et al.* , 1999, 2001), representa una opción exelente para aprovechar la presencia de poblaciones naturales de estos importantes depredadores, ya que la manipulación en campo de los sírfidos podrían intentarse con productos artificiales utilizados exitosamente con otros depredadores que son también atraídos por la mielecilla de los áfidos (Hagen *et al.*, 1971, 1986; Mensah, 1997).

Diversidad y estabilidad en ecosistemas

Definiciones de conceptos

Los términos de diversidad y estabilidad son comúnmente utilizados en ecología par expresar aspectos de organización de ecosistemas (Margalef, 1969). La noción de diversidad posee sus raíces en consideración de la riqueza y variedad de especies en una comunidad (Margalef, 1969; Van Emden y Williams, 1974); en realidad es resultado de la función del ecosistema y aparece como una propiedad instantánea (Margalef, 1969). La estabilidad, en forma general, es definida como el tiempo de persistencia en un estado de equilibrio(Van Emden y Williams, 1974); en términos cotidianos un sistema es considerado estable, si cuando cambia de un estado firme, este desarrollo fuerzas que tiendan a restaurar su condición original (Margalef, 1969).

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación y selección en laboratorio de depredadores del pulgón café de los cítricos.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Entomología del Campo Experimental Chiná, Camp. (N 19° 46', W 90° 29', 20 msnm). En laboratorio se evaluó el consumo de *T. citricida* por larvas de los depredadores *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa valida* Hagen, *Chrysoperla comanche* (Banks), *Chrysoperla externa* Hagen, *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae) y *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). Los insectos utilizados fueron obtenidos de material parental colectado en áreas citrícolas del estado de Nuevo León (*C.* sp. nr. *cincta*, *C. valida*, *C. comanche*, *C. externa*, y *C. rufilabris*) y de Yucatán (*H. axyridis*). Se utilizó la progenie de la primera generación de insectos reproducidos en el laboratorio.

La arena experimental utilizada fue un recipiente de unicel con capacidad de 240 ml, donde diariamente se colocaba una hoja de naranjo proveniente de brotes sanos, sin infestación de pulgones. Para mantener la turgencia de la hoja, el peciolo fue envuelto con un pedazo de algodón humedecido en agua, cubierto con un trozo de papel aluminio de aproximadamente 2 x 2 cm de dimensión. Esta hoja fue la fuente de alimento de los pulgones que fueron ofrecidos como presas a los depredadores

contemplados en la evaluación. En cada arena experimental se depositaron 50 individuos de *T. citricida*, los cuales fueron obtenidos de brotes infestados colectados en campo. Los pulgones fueron manipulados con el uso de pinceles finos de pelo de camello, se excluyeron formas aladas o con apariencia de parasitismo (formas globosas y con cambio de coloración). Una vez que se completó la cantidad indicada de pulgones, el vaso fue cubierto con tela organdí, misma que se sujetó con una liga de látex para cerrar herméticamente y evitar el escape de los diferentes insectos (presas y depredador) que contenía la arena experimental.

Para proceder con los bioensayos, en cada arena experimental con 50 individuos de *T. citricida* se introdujo un solo espécimen (larva neonata) de la especie depredadora y se mantuvo durante 24 horas. El bioensayo para cada especie contó con 10-15 repeticiones, con cada réplica consistente de la arena experimental descrita con un espécimen del depredador en cuestión (especies de Chrysopidae). Las arenas fueron etiquetadas con el número de réplica del ensayo, especie en evaluación y la fecha de realización. Una vez que se completaron las 24 horas de haberse realizado la introducción de los depredadores, éstos fueron removidos de las arenas experimentales y cambiados a una nueva (con brotes nuevos y 50 pulgones nuevamente introducidos). Las arenas utilizadas (de donde se extrajo el depredador después de 24 horas de consumo de pulgones) fueron mantenidas en el congelador para posteriormente proceder al conteo de los pulgones consumidos y supervivientes. Todo el proceso anterior de establecimiento de arenas experimentales nuevas, cambio de los depredadores ya en evaluación,

y conteo de los pulgones consumidos y supervivientes, fue realizado diariamente hasta que se completó el ciclo larvario de la especie en evaluación o hasta que murieron todos los especímenes en las réplicas. Los áfidos consumidos diariamente se contabilizaban bajo el estereoscopio. Las arenas fueron mantenidas bajo condiciones físicas de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ H.R. y fotoperíodo de 16:8 h de L:O. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza de una vía y se utilizaron transformaciones para cumplir con los supuestos de normalidad e igualdad de varianza; a los promedios de tratamientos se les aplicó la prueba de Tukey.

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, Tab. ($17^{\circ} 42.9' 18''$ Latitud Norte y $93^{\circ} 27' 6.45''$ 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 *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), fue producido en laboratorio bajo condiciones de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $55\pm 5\%$ 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. rubilaris* 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, Tab. 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. *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* (Neuroptera: Chrysopidae), fue producida en laboratorio bajo condiciones de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, $55\pm 5\%$ H.R. y fotoperíodo 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,

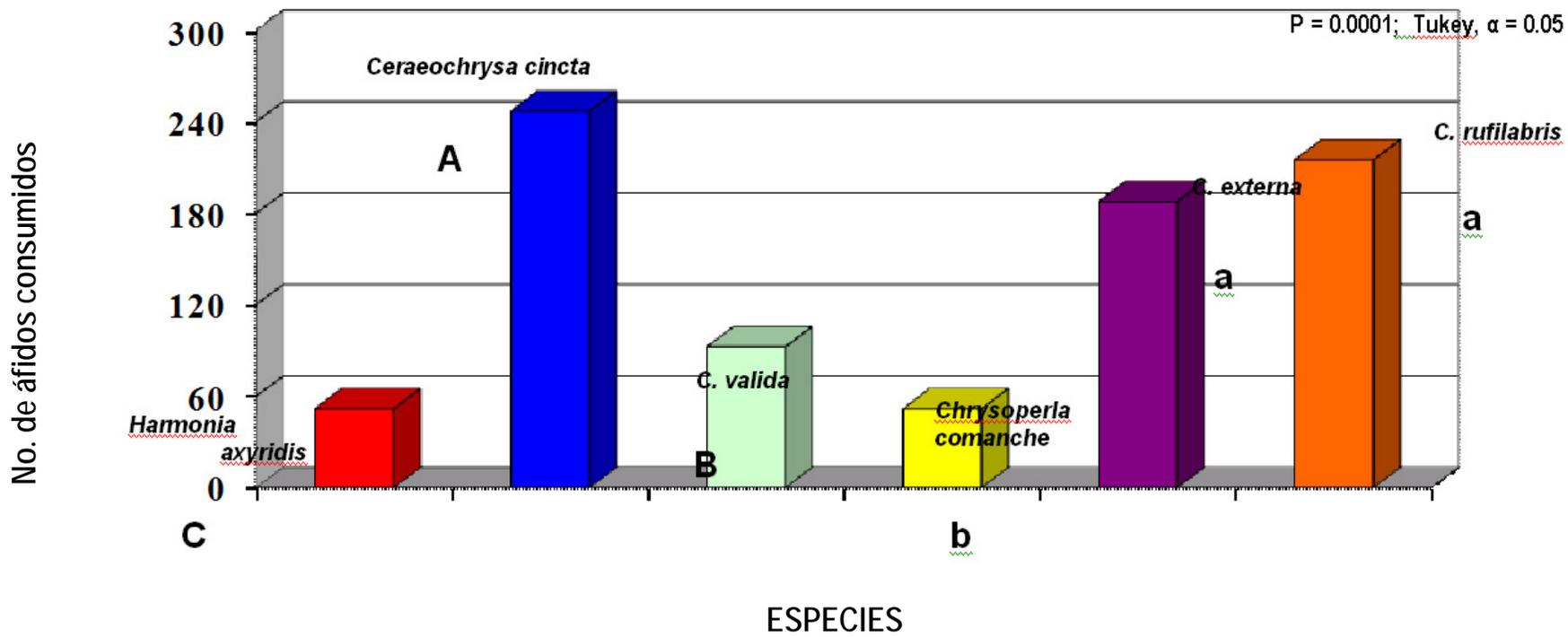
áfidos consumidos por colonia, áfidos consumidos diariamente, y tiempo para la eliminación de las colonias.

Resultados y Discusión

Evaluación y selección en laboratorio de depredadores del pulgón café de los cítricos.

Bajo condiciones de laboratorio se encontró que las larvas de *H. axyridis* llegaron a consumir un promedio de 52 individuos de *T. citricida*, mientras que las larvas de *C. sp. nr. cincta*, *C. externa*, y *C. rufilabris* consumieron un promedio de 247, 188, y 215 individuos, respectivamente. *H. axyridis* presentó una supervivencia muy baja, con mortalidad del 100% del cohorte después de seis días de alimentarse con *T. citricida*; en contraste, las larvas de *C. valida* y *C. rufilabris* presentaron una supervivencia de 30-33% a los 15 y 13 días de iniciado el consumo de *T. citricida*, respectivamente. *C. comanche* también mostró una supervivencia muy baja y por consiguiente, el consumo de la plaga también fue limitado (Fig. 1 y 2); esta especie en forma natural habita en áreas áridas y semiáridas (Brooks, 1994), es posible que la condición de humedad relativa en que se condujo el estudio afectara a este depredador. Notablemente, las larvas de *C. sp. nr. cincta* presentaron una tasa de supervivencia de 60% después de 15 días de alimentarse con *T. citricida*.

De las seis especies de depredadores evaluadas, solo *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*, *Chrysoperla externa* y *Chrysoperla rufilabris* presentaron resultados sobresalientes tanto en depredación de pulgón café de los cítricos (Fig. 1), como en la supervivencia (Fig. 2) al ser mantenidas bajo un régimen de alimentación basado solo en el consumo de la plaga. A diferencia de las especies de Chrysopidae (Neuroptera), la especie de Coccinellidae (Coleóptera) evaluada presentó una depredación escasa, limitada por la baja supervivencia de dicha especie bajo condiciones de laboratorio. Debido a que *C. sp. nr. cincta* presentó un consumo alto de *T. citricida* (267 individuos durante el ciclo larvario completo), una tasa de supervivencia de 60% después de 15 días de alimentarse con la plaga, además de presentar una distribución amplia en el país, es considerado como la especie con mayor potencial para ser utilizada en el control biológico del pulgón café de los cítricos en México.



FFig. 1. Consumo de pulgón café por diferentes especies de depredadores (Neuroptera: Chrysopidae, Coleóptera: Coccinellidae). *Chrysoperla comanche*, *C. externa* y *C. rufilabris* fueron comparadas en un ensayo diferente.

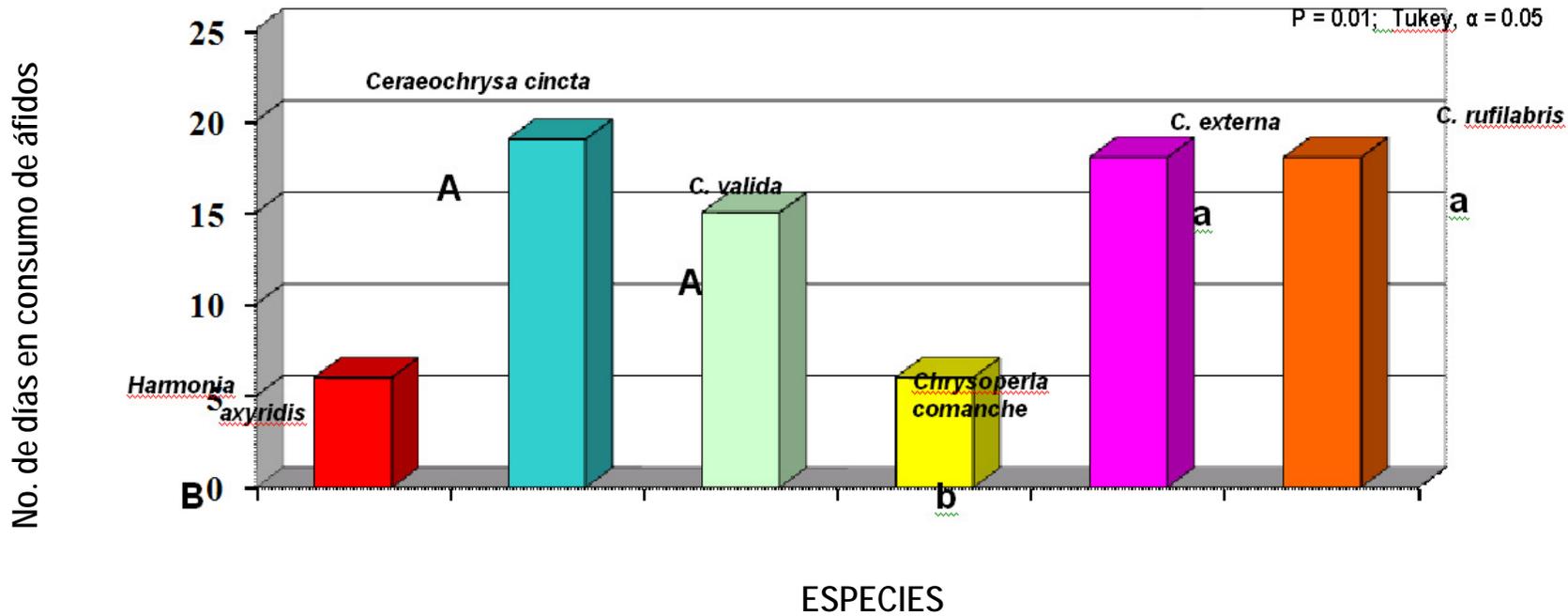


Fig. 2. Período de consumo sobre pulgón café por diferentes especies de depredadores (Neuroptera: Chrysopidae, Coleóptera: Coccinellidae).

Chrysoperla comanche, *C. externa* y *C. rufilabris* fueron comparadas en un ensayo diferente.

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 1). 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 2). Estos datos corresponden principalmente a la actividad de un complejo de depredadores constituidos por *Ocyrtamus* 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. 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. 1. Tasas de depredación y eliminación de colonias de *Toxoptera citricida* bajo diferentes densidades de liberación de huevos de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta*.

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

Cuadro. 2. 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. 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 ($y = 14.93 + 17.51x - 0.584x^2$, $r^2 = 83.1\%$; $P = 0.0001$), 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: $y = 3.73 + 0.412x$ ($r^2 = 66.8\%$; $P = 0.0001$). 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 *C. 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 *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* y *Chrysoperla 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 *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* o *Chrysoperla 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 cítricos 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 cítrico 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.

Conclusiones

Las especies de Chrysopidae evaluadas, presentan elevado potencial como depredadores de *T. citricida*, sin embargo por su reproducción masiva se requiere de tecnología adecuada con la que no se cuenta actualmente.

Aunque existen especies de Chrysopidae con mayor potencial unas que otras como depredadores, en este estudio no se identificaron las especies.

Literatura citada

- Adams, P.A. 1982.** *Ceraeochrysa*, a new genus of Chrysopinae (Neuroptera) (studies in New World Chrysopidae, part II). *Neuroptera International* II: 69-75.
- Albuquerque, G.S., C.A. Tauber, and M.J. Tauber. 2001.** *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics, pp. 408-423. *In*: P. McEwen, T.R. New, and A.E. Whittington (Ed.). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- 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.
- Brooks, S.J. 1994.** A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* 63: 137-210.
- 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.
- Eisner, T., A. B. Attygalle, 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.
- 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.
- 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.
- 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, Oro.
- 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.

- 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 Alvarez, R. 2000.** First collection of brown citrus aphid in Quintana Roo. *Fla. Entomol.* 83: 357-358.
- Michaud, J.P., and B. Belliure. 2001.** Impact of syphid predation on production of migrants colonies of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Biol. Control* 21: 91-95.
- 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.
- 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.

- Munguía, R.A. 2002.** Programa de manejo del pulgón café en el sureste de México. In: Memorias del Curso de Acreditación en Virus Tristeza de los Cítricos. Mérida, Yuc., 19-23 Agosto de 2002. SAGARPA, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Yucatán.
- Nalepa, C.A., G.G. Kennedy, and C. Brownie. 2004.** Orientation of multicolored Asian lady beetle to buildings. *American Entomol.* 50: 165-166.
- New, T.R. 2001a.** Introduction to the systematics and distribution of Coniopterygidae, Hemerobiidae, and Chrysopidae used in pest management, pp. 6-28. *In:* P. McEwen, T.R. New, and A.E. Whittington (Ed.). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- New, T.R. 2001b.** Lacewings, biological control, and conservation, pp. 380-384. *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.
- 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.
- 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., 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>
- 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.
- 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.

Villegas-Jiménez, N., J.P. Delgado-Castillo, J. Méndez-Herrera. 2004. Monitoreo del avance de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae) en la vertiente del Golfo de México. Entomol. Mex. 4:501-504.