

RASGOS BIOLÓGICOS Y POBLACIONALES DEL DEPREDADOR *CERAEOCHRYSA* SP. NR. *CINCTA* (MÉXICO) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)

Manuel RAMÍREZ-DELGADO¹, J. Isabel LÓPEZ-ARROYO²,
Alejandro GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ¹ & Mohammad H. BADI-ZABEH¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Apdo. Postal 122-F, CP 66450
San Nicolás de Los Garza, Nuevo León, MÉXICO.

² INIFAP Campo Experimental Gral. Terán. Apdo. Postal 3, CP 67400 General Terán,
Nuevo León, MÉXICO.

rdelgado5703@yahoo.com.mx; lopez.jose@inifap.gob.mx;
agonzale@fcb.uanl.mx; mbadii@ccr.dsi.uanl.mx

RESUMEN

Ceraeochrysa sp. nr. *cincta* (México) (Neuroptera: Chrysopidae) es un depredador con larvas crípticas que atacan diversos artrópodos plaga en frutales de México. Para contribuir al posible aprovechamiento de este insecto benéfico en el control biológico de plagas, esta investigación fue realizada con el objetivo de determinar sus rasgos biológicos y parámetros poblacionales. Los estudios se realizaron bajo condiciones controladas de laboratorio con tres cohortes de 50 individuos de *C. sp. nr. cincta*. Los resultados mostraron que el tiempo de desarrollo de huevo hasta la emergencia de adultos fue de 29 días, con una supervivencia general de 96%. Los estadísticos demográficos estimados, fueron: $R_0 = 95$, $T = 59$ días, $T_d = 8$ días y $r_m = 0.081$ hijas/hembra/día. Estos rasgos son similares a los indicados para otras especies de Chrysopidae; en cambio, el porcentaje de hembras fecundadas y fertilidad de huevos fueron menores, y el periodo de preoviposición fue mayor. Estas características reproductivas fueron estudiadas en un experimento subsecuente, donde las hembras permanecieron con diferentes proporciones de machos (1:0, 1:1, 1:2, 1:3 y 1:5) en forma temporal. Excepto por la condición de hembras sin machos (1:0), cuando éstas se mantuvieron en forma temporal con 1, 2, 3 y 5 machos, mostraron un periodo de preoviposición más corto; también existieron valores altos de hembras en oviposición, fertilidad de huevos y fecundidad. El número de apareamientos bajo las diferentes proporciones de hembras:machos no fue significativamente diferente. Los resultados indican el potencial de *C. sp. nr. cincta* para ser producida masivamente para su aprovechamiento en el control biológico de plagas en México.

Palabras clave: Control biológico, *Ceraeochrysa*, tabla de vida, apareamiento.

ABSTRACT

Ceraeochrysa sp. nr. *cincta* (Mexico) (Neuroptera: Chrysopidae) is a predator with cryptic larvae that attack diverse arthropod pests in fruit trees of Mexico. In order to contribute to facilitate the possible use of this beneficial insect in pest biological control, the objective of this study was to determine life-history traits and population parameters. We studied under controlled lab conditions three cohorts of 50 *C. sp. nr. cincta* specimens. The results showed that the species completed development, from egg to

adult emergence, in 29 days, with 96% survivorship. The demographic statistics were: $R_0 = 95$, $T = 9$ days, $T_d = 8$ days and $r_m = 0.081$ females per female per day. These traits are similar to some indicated for other reported chrysopid species; in contrast, *C. sp. nr. cincta* (Mexico) had a long preoviposition period, small proportion of ovipositing females and reduced egg fertility. Such reproductive characters were studied in a subsequent experiment, where females were maintained under different male ratios (1:0, 1:1, 1:2, 1:3 and 1:5). Except for the females that were kept without presence of males (1:0), those that were maintained temporarily with 1, 2, 3, and 5 males had short preoviposition period, as well as high values of ovipositing females, egg fertility and fecundity. The number of matings under the different proportions of female:male were not significantly different. The biological traits and demographic statistics results show the potential for mass-rearing and use of the predator in pest biological control in Mexico.

Key words: Biological control, *Ceraeochrysa*, life table, mating.

INTRODUCCIÓN

En la región Neotropical, el género predominante de la subfamilia Chrysopinae es *Ceraeochrysa* Adams (Neuroptera: Chrysopidae); de las especies descritas, la más ampliamente distribuida es *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), con un rango geográfico desde Florida, Estados Unidos de América (EUA), hasta Argentina, incluyendo las Islas Galápagos en América del Sur (Brooks & Barnard 1990, de Freitas & Penny 2001, Gitirana et al. 2001, Penny 1997, Tauber & de León 2001). Por la gran distribución y asociación con diversos artrópodos plaga en diferentes sistemas agrícolas, se considera que esta especie presenta un gran potencial como agente de control biológico (Adams 1982, Brooks & Barnard 1990, López-Arroyo et al. 1999b). Tauber et al. (2000a) señalan que *C. cincta* fue originalmente descrita a partir de ejemplares de Río de Janeiro, Brasil (localidad tipo). Tauber & de León (2001) describieron la larva de esta especie de poblaciones provenientes de Florida, EUA, e indican que los adultos y las larvas colectadas en México y Florida, EUA, difieren entre sí, así como de los descritos de la localidad tipo. La variación posiblemente representa una diferenciación interespecífica, por lo que en su estudio consideran a estas especies en forma separada (*Ceraeochrysa sp. nr. cincta* USA y *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* México) (Tauber & de León, 2001). *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* (México) pertenece al grupo de especies de crisópidos con larvas gibosas y comportamiento de protección con materiales orgánicos diversos contra enemigos naturales, por lo que son conocidas comúnmente como “carga basura” (Adams 1982, Eisner & Silberglied 1988); en México, esta especie ha sido encontrada asociada a árboles frutales de cítricos (*Citrus* spp.) y guayabo (*Psidium guajava* L.) en los estados de Colima, Michoacán, Nuevo León y Tamaulipas (Tauber & de León 2001), donde fue observada en depredación de ácaros, mosquita blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), escama roja de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) y pulgones, entre otros artrópodos plaga. Además de estos antecedentes y de la descripción de la

larva (Tauber & de León 2001), se carece de estudios que fundamenten el aprovechamiento de la especie en programas de control biológico en el país. Para contribuir al conocimiento de *C. sp. nr. cincta* (México), los objetivos de este estudio fueron los de determinar los atributos biológicos de dicha especie (desarrollo, fecundidad, periodo de preoviposición, oviposición, fertilidad del huevo y supervivencia), así como los parámetros poblacionales: tasa de multiplicación por generación (R_0), tiempo promedio de generación (T), tiempo de duplicación de la población (T_d) y tasa intrínseca de incremento (r_m).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Investigación en Control Biológico del Campo Experimental General Terán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con sede en General Terán, Nuevo León, México (Latitud Norte 24° 44' 30.5"; Longitud Oeste 24° 44' 30.5"; 662 msnm).

Los experimentos se establecieron con huevos de la primera generación de *C. sp. nr. cincta* (México) criada en laboratorio a partir de hembras colectadas en árboles de naranjo, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. Valencia. Se mantuvieron parejas de hembras y machos permanentemente en recipientes de unicel (capacidad 350 ml), cubiertos con tela de organdí, provistas de agua y alimento a base de proteína hidrolizada y carbohidratos (mezcla volumétrica en partes iguales de: levadura de cerveza, leche en polvo, azúcar y miel). Las condiciones ambientales de laboratorio fueron: temperatura de 25±2°C, fotoperíodo de 16:8 horas luz:oscuridad y humedad relativa del 55±5%.

Tabla de vida y reproducción

El estudio se inició con tres cohortes de 50 huevos cada uno, provenientes de la primera generación de *C. sp. nr. cincta* (México) producida en laboratorio. Los huevos recién ovipositados por las hembras que permanecieron en los recipientes de unicel, fueron colectados y depositados individualmente en viales de vidrio con tapa de algodón hasta completar los tres cohortes. Antes de la eclosión de la larva y en los días subsecuentes, se proporcionó para su alimentación huevos de la palomilla de los graneros, *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). Para diferenciar los estadios larvarios, se consideró la exuvia que dejaba la larva en cada ecdisis. Al pupar, se colocó una banda de cartón en la pared del vial para que el adulto que emergiera tuviese un sustrato para sostenerse y desplegar alas y antenas. Después que los adultos emergieron, se colocó una pareja por recipiente de unicel (una hembra y un macho mantenidos permanentemente) alimentados con la dieta previamente descrita. Se realizaron observaciones diarias bajo el estereoscopio para registrar

cambios biológicos, además del inicio de oviposición, proporción de hembras en oviposición, cantidad y fertilidad de huevos ovipositados, y mortalidad. La fertilidad de los huevos se determinó cada ocho días en una muestra de 15 huevos/hembra. En el análisis de tablas de vida (Krebs 1985), se consideró una proporción sexual de 1:1, debido a que del total de especímenes en el experimento, 48 fueron hembras y 53 machos; esta proporción de hembras y machos, es indicada para crisópidos por diversos autores citados por Canard & Principi (1984).

Análisis de la información

Para cada uno de los rasgos biológicos y reproductivos se estimó la media y el error estándar; para la supervivencia además se calculó el intervalo de confianza al 95% (Ott 1993). Se efectuó un análisis de regresión entre el porcentaje de supervivencia y la edad del cohorte (SPSS Inc. 1999). Se determinaron los parámetros poblacionales: tasa de multiplicación por generación [$R_0 = \sum (l_x m_x)$], tiempo promedio de generación ($T = \ln R_0 / r_m$), tiempo de duplicación de la población ($T_d = \ln 2 / r_m$) y la tasa intrínseca de incremento (r_m) mediante el uso de la fórmula de Lotka (Birch 1948, Badii et al. 2000):

$$\sum_{\alpha}^w (e^{-r_m x} l_x m_x) = 1$$

Donde: $w - \alpha$ corresponde al periodo reproductivo, l_x es la supervivencia específica de edad de individuos de edad x (días) y m_x la fecundidad específica de edad (promedio de individuos/hembra/día). A los parámetros poblacionales se les calculó el intervalo de confianza al 95%; la varianza fue estimada mediante la técnica "Jackknife" (Meyer et al. 1986).

Fecundidad con diferentes proporciones de machos

Este estudio fue realizado en respuesta a la baja fecundidad observada en hembras de *C. sp. nr. cincta* (México) en condiciones de laboratorio. El estudio se inició con hembras provenientes de la primera generación de *C. sp. nr. cincta* (México) producida en laboratorio, con el uso de la metodología descrita anteriormente. Se evaluaron las siguientes proporciones de hembras y machos: 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 y 1:5, con 15 repeticiones por condición. Por cada proporción, los machos permanecieron junto con la hembra hasta que el apareamiento ocurrió; esto fue registrado cuando se observó en la genitalia de la hembra la presencia del espermátforo, o restos de éste en el piso de la caja donde permanecieron los adultos (López-Arroyo et al. 1999c). Los machos fueron separados de la hembra al iniciar éstas la oviposición; posteriormente fueron añadidos al registrarse un declinamiento en las oviposturas y fueron mantenidos nuevamente por un periodo de uno a siete días, hasta que existía evidencia de un nuevo

apareamiento (presencia del espermátforo). Los machos fueron separados de la hembra cada vez que se reiniciaba la oviposición. Este proceso se repitió durante toda la vida de la hembra. Los machos al morir fueron sustituidos por otros de la misma edad para así mantener las proporciones sexuales evaluadas. Diariamente se les proporcionó a los adultos agua y el alimento previamente descrito. Se efectuaron observaciones diarias bajo un estereoscopio para registrar en cada condición el porcentaje de hembras fecundadas, periodo de preoviposición, periodo de oviposición, huevos producidos por hembra, fertilidad y número de apareamientos.

Análisis de datos

Se estimó la media y error estándar del porcentaje de hembras fecundadas, periodo de preoviposición (días), oviposición (días), fecundidad (promedio de huevos por hembra), porcentaje de fertilidad de huevos y número de apareamientos bajo las diferentes condiciones de disponibilidad de machos (1, 2, 3 y 5 machos/hembra); para estas mismas variables, excepto porcentaje de hembras fecundadas, se realizó un análisis de varianza para un solo factor, donde la variable independiente fue el número de machos; la comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey (SPSS Inc. 1999); en las variables periodo de oviposición y fecundidad se excluyeron del análisis las hembras que ovipositaron un solo día, debido al periodo reducido de supervivencia mostrado. Se realizó un análisis de regresión (SPSS Inc. 1999) entre el porcentaje de hembras fecundadas y porcentaje de huevos fértiles, con respecto a la proporción de machos por hembra. Para los promedios de fecundidad (huevos totales por hembra) en las diferentes proporciones de machos por hembra (0, 1, 2, 3 y 5), se calculó el error estándar y son presentados gráficamente.

RESULTADOS

Tabla de vida y reproducción

El ciclo biológico de *C. sp. nr. cincta* (México), desde huevo hasta la emergencia del adulto, fue de aproximadamente cuatro semanas. El huevo eclosionó en un promedio de 4.2 días; la larva de primer estadio (L1) presentó una duración similar (4.3 días) a la del huevo. La duración promedio del segundo y tercer estadio larval (L2 y L3) fue de 3.7 y 5.0 días, respectivamente. El estado de pupa fue completado en 11.7 días en promedio. El periodo de huevo hasta la emergencia de adultos fue de 28.8 días. El rango de supervivencia para las etapas biológicas desde huevo hasta la emergencia de los adultos de *C. sp. nr. cincta* (México) fue de 94-100%, con un promedio de 96.4% (Cuadro 1). La longevidad máxima desde huevo hasta la muerte del último adulto fue de 97 días. A partir de un valor máximo de 95.49% de supervivencia, ésta se reduce en 0.99% (aproximadamente 1%) por cada día que transcurre, durante el periodo de vida (G.L.= 96; Fc = 5908.07; p <0.0001; r² = 0.984) (Fig. 1).

Cuadro 1
Desarrollo y supervivencia de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México).

Fase biológica	n	Duración en días	% Supervivencia
		$\bar{x} \pm EE$	\bar{x} (IC a 95%)
Huevo	127	4.2 ± 0.033	95.2 (95.19-95.21)
Larva 1	115	4.3 ± 0.045	94.4 (94.39-94.44)
Larva 2	113	3.7 ± 0.079	94.4 (94.39-94.44)
Larva 3	113	5.0 ± 0.056	100
Prepupa-Pupa	107	11.7 ± 0.081	94.4 (94.23-94.44)
Total (a emergencia de adultos)	107	28.8 ± 0.166	100

n: tamaño de muestra; EE: error estándar; IC: intervalo de confianza

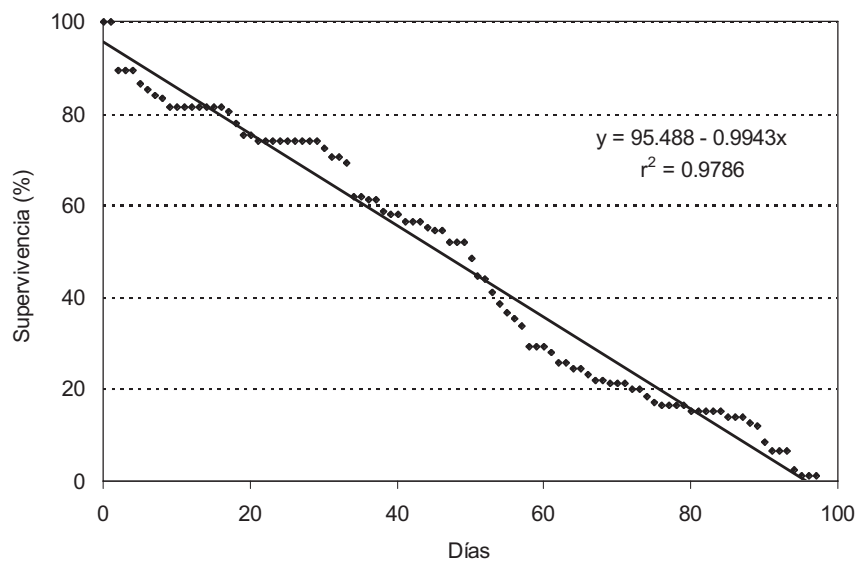


Figura 1
Supervivencia de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) en condiciones de laboratorio (N = 150).

El porcentaje promedio de hembras que fueron fecundadas y ovipositaron huevos fértiles fue de $42.2 \pm 5.6\%$ ($n = 45$). El periodo de preoviposición estimado fue de 20.0 ± 2.2 días, con un rango que varió entre 11 y 46 días. El periodo de oviposición fue de 17.8 ± 2.6 días, con un rango amplio que varió de 2 a 40 días; la fecundidad promedio fue de 190.6 ± 21.9 huevos por hembra, lo cual equivale a un promedio de 10.6 huevos/hembra/día, y el rango de oviposición fue de 33 a 405 huevos/hembra.

La fertilidad de los huevos fue del $36.6 \pm 6.9\%$, con valores que oscilaron entre 23 y 95%. Los estadísticos demográficos estimados para *C. sp. nr. cincta* (México) fueron: tasa de multiplicación por generación (R_0) = 95.32 ± 1.31 hijas/hembra/generación, tiempo promedio de generación (T) = 59.55 ± 0.22 días, tiempo de duplicación de la población (T_d) = 8.55 ± 0.04 días y la tasa intrínseca de incremento (r_m) = 0.0810 ± 0.0004 hijas/hembra/día.

Fecundidad en relación al número de machos

El porcentaje de hembras que ovipositaron huevos fértiles, bajo la presencia temporal de diferente número de machos, fue de 0% en hembras sin machos, con un incremento de tipo logarítmico en las hembras con presencia de 1, 2, 3 y 5 machos (Cuadro 2, Fig. 2). El porcentaje de hembras que ovipositaron bajo dichas condiciones fluctuó de 80 a 93%; estos valores fueron más de dos veces superiores a los registrados en el estudio de tabla de vida con hembras que estuvieron confinadas con un solo macho en forma permanente. Las hembras que permanecieron sin la presencia de machos presentaron un periodo de preoviposición de 20 días, aproximadamente el doble que cuando se colocaron uno o más machos por hembra; siempre ovipositaron huevos estériles. Bajo las condiciones de presencia temporal de 1, 2, 3 y 5 machos por hembra se encontraron valores promedio similares en las variables de periodo de preoviposición (10.2 ± 0.51 a 10.9 ± 0.97 días), periodo de oviposición (14.9 ± 1.97 a 18.3 ± 2.32 días), fecundidad (193.5 ± 19.00 a

Cuadro 2

Atributos reproductivos de *Ceraeochrysa sp. nr. cincta* (México) con diferentes proporciones de hembra:macho.

Proporción (hembra:machos)	% Hembras ovipositando (n = 15)	Periodo de pre-oviposición (\bar{x} en días \pm EE)	Días de oviposición (\bar{x} \pm EE)	Huevos fértiles/hembra (\bar{x} \pm EE)	% Fertilidad (\bar{x} \pm EE)
1:0	80.0	20.2 ± 2.8	14.0 ± 3.7	0	0
1:1	93.3	12.5 ± 1.2	15.7 ± 1.9	180.2 ± 22.0	91.3 ± 3.3
1:2	86.7	11.5 ± 0.7	17.7 ± 1.8	214.2 ± 86.7	95.4 ± 1.4
1:3	86.7	11.2 ± 0.5	17.7 ± 1.3	216.2 ± 89.1	95.4 ± 2.6
1:5	86.7	11.9 ± 1.0	18.3 ± 2.3	208.6 ± 81.4	97.3 ± 1.0

n: tamaño de muestra; EE: error estándar

231.2±18.77 huevos promedio/hembra) y fertilidad del huevo (91.2±3.31 a 97.2±0.97% de huevos fértiles) (Cuadro 2); se registró un incremento logarítmico en la fertilidad del huevo en las hembras bajo las diferentes proporciones de machos (Fig. 3).

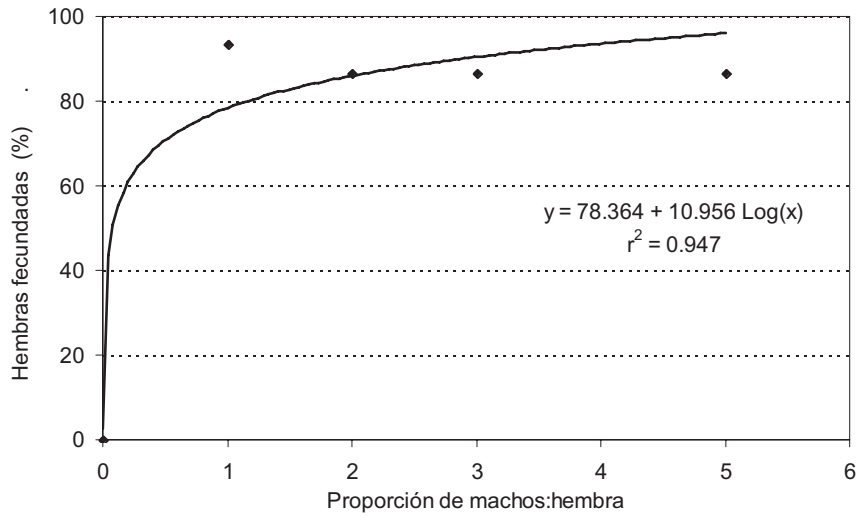


Figura 2

Hembras fecundadas en respuesta a la proporción hembra:macho de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México).

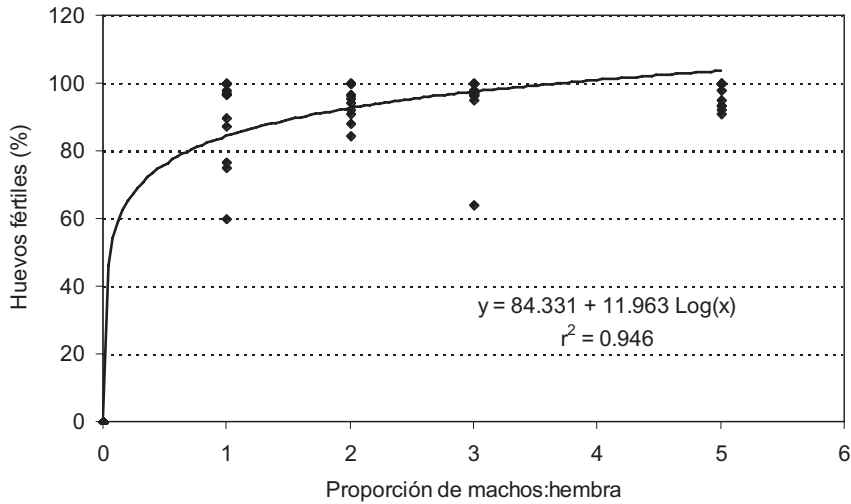


Figura 3

Huevos fértiles en respuesta a la proporción hembra:macho de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México).

Las hembras que permanecieron sin machos, ovipositaron por un periodo máximo de 47 días y produjeron un rango de 0-20, con promedio de 1.4 ± 0.51 huevos infértiles/hembra (Fig. 4A). Las hembras que estuvieron con presencia temporal de machos ovipositaron por un tiempo máximo de 38 a 47 días. En la condición de una hembra y un macho, la producción de huevos fértiles por hembra fue de 0-68, con promedio de 10.6 ± 2.03 (Fig. 4B).

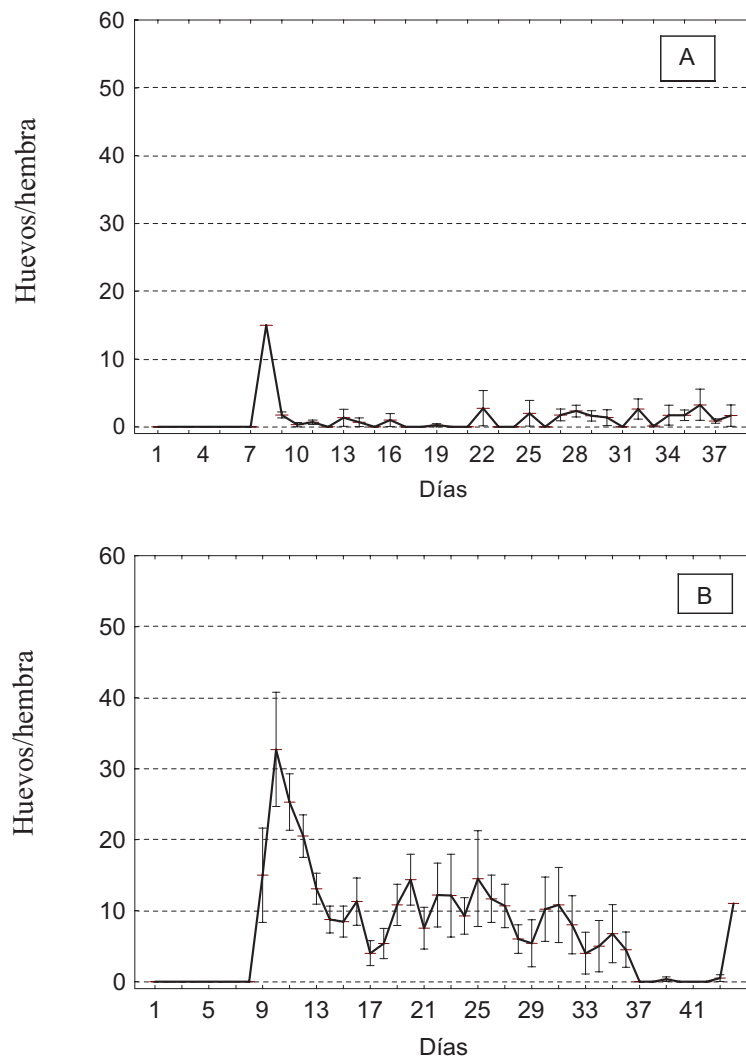


Figura 4

Fecundidad de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) con proporciones de 1:0 (A) y 1:1 (B) hembra:macho. Las líneas verticales indican el error estándar.

En la condición de una hembra y dos machos, se registró la mayor tasa de oviposición de huevos fértiles/hembra (48 ± 2.17) (Fig. 5A), con un rango de 0-68 huevos y promedio general de 11.9 ± 2.40 . Cuando la relación fue de tres machos por hembra, se registraron oviposturas promedio de hasta 45 ± 0.64 huevos fértiles por hembra (Fig. 5B), con valores extremos de 0-58 huevos fértiles y promedio general de 10.8 ± 2.13 huevos/hembra.

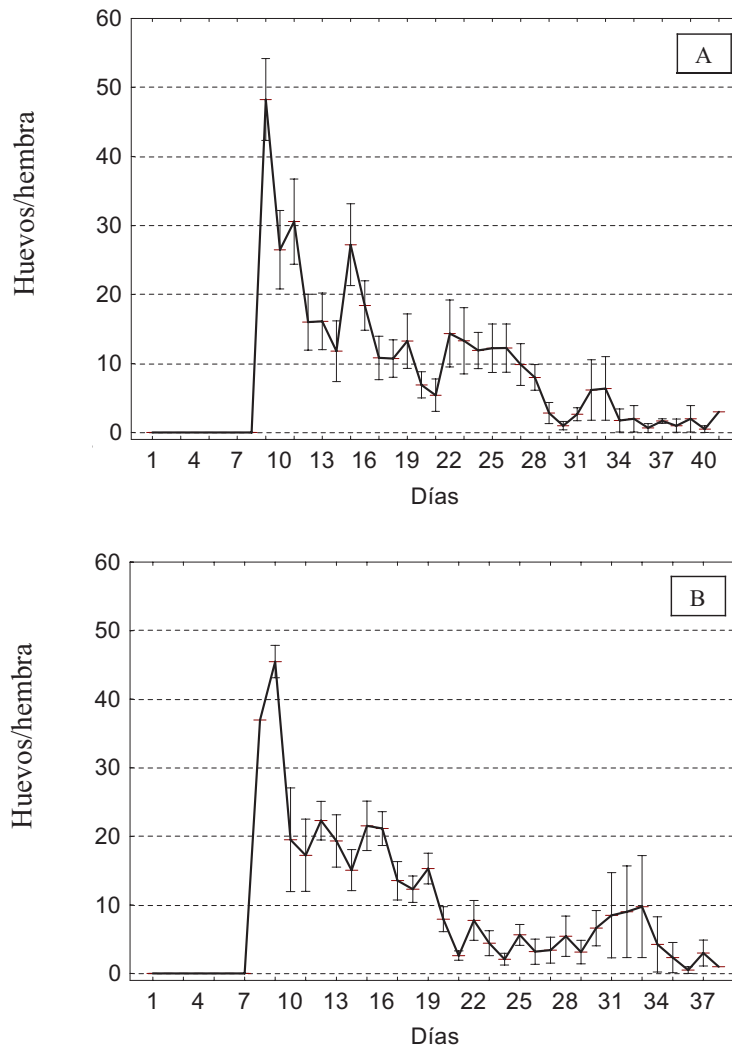


Figura 5

Fecundidad de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) con proporciones de 1:2 (A) y 1:3 (B) hembra:macho. Las líneas verticales indican el error estándar.

En la relación de una hembra por cinco machos, se presentaron los promedios más bajos de oviposiciones (de 0 a 22 huevos fértiles por hembra), los promedios más altos ocurrieron al inicio del primer período de oviposición (Fig. 6), con fluctuaciones de 0 a 46 huevos fértiles, y un promedio general de 10.5 ± 1.65 huevos fértiles/hembra. Después del segundo o subsecuentes apareamientos, bajo las diferentes proporciones de hembras y machos se registraron periodos de oviposición muy cortos que fluctuaron de 1 a 6 días en algunas hembras. El número de apareamientos en las condiciones de presencia temporal de 1, 2, 3 y 5 machos por hembra, fluctuó de 1 a 5, con un número promedio estimado entre 2.4 ± 0.29 y 2.6 ± 0.24 .

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas para las variables: periodo de preoviposición (G.L. = 52, G.L._{Trat.} = 3, Fc = 0.127, $p > 0.05$), periodo de oviposición (G.L. = 52, G.L._{Trat.} = 3, Fc = 0.576, $p > 0.05$), fecundidad (G.L. = 50, G.L._{Trat.} = 3, Fc = 0.484, $p > 0.05$), porcentaje de fertilidad del huevo (G.L. = 52, G.L._{Trat.} = 3, Fc = 1.190, $p > 0.05$) y número de apareamientos (G.L. = 52, G.L._{Trat.} = 3, Fc = 0.238, $p > 0.05$).

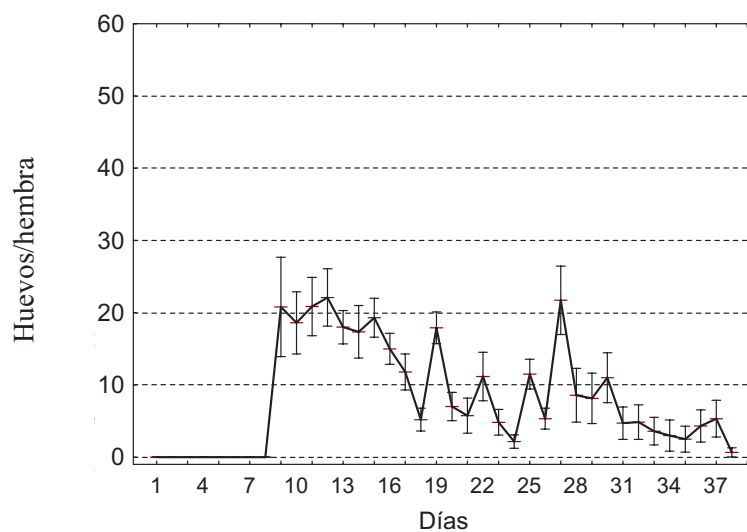


Figura 6

Fecundidad de *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (México) con proporciones de 1:5 hembra:macho. Las líneas verticales indican el error estándar.

DISCUSIÓN

Tabla de vida y reproducción

El desarrollo de los diferentes estados biológicos, desde huevo hasta la emergencia de adultos, fue de aproximadamente cuatro semanas, valor similar al

estimado para *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (USA) y otras especies de Chrysopidae, como *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) y *Ceraeochrysa smithi* (Navás) (López-Arroyo et al. 1999b), aunque mayor al señalado para algunas especies de *Chrysoperla* (Burke & Martin 1956, Afzal & Khan 1978, Tauber & Tauber 1982a y 1982b, Elkarmi et al. 1987, Núñez 1988, Albuquerque et al. 1994).

La supervivencia de las diferentes etapas biológicas de *C.* sp. nr. *cincta* (México) en todos los casos fue mayor a la previamente indicada para *C.* sp. nr. *cincta* (USA) (López-Arroyo et al. 1999b). Es posible que dichas diferencias estén relacionadas con el origen geográfico de la población estudiada y las condiciones ambientales bajo las que se realizó la investigación. En lo que respecta a rasgos reproductivos, *C.* sp. nr. *cincta* (México) mostró en este estudio valores que difieren a los indicados para *C.* sp. nr. *cincta* (USA). El periodo de preoviposición estimado fue de 20 días, el cual es aproximadamente el doble del indicado para *C.* sp. nr. *cincta* (USA) para iniciar la oviposición (10.8 días, López-Arroyo et al. 1999b). *C. cubana* y *C. smithi* presentan también un periodo de preoviposición más corto, 6.3 y 11.9 días, respectivamente (López-Arroyo et al. 1999b); en especies de *Chrysoperla* dicho período llega a ser aún menor, como es el caso de *Chrysoperla rufilabris* Burmeister y *C. carnea* Stephens donde este lapso es de aproximadamente tres días (Elkarmi et al. 1987). La fertilidad de los huevos obtenida en *C.* sp. nr. *cincta* (México) (36.6%), presentó una respuesta muy similar a la indicada para el periodo de oviposición, ya que fue más de dos veces menor al valor estimado de 97.8% de huevos fértiles para *C.* sp. nr. *cincta* (USA) (López-Arroyo et al. 1999b). Un período de preoviposición largo y fertilidad de huevos mínima, representan una desventaja para el aprovechamiento de la especie en crías masivas, ya que los adultos permanecerían en confinamiento por mayor tiempo para iniciar el período de oviposición, y se obtendría solamente un tercio de huevos viables, lo que representaría una inversión extra en el mantenimiento de la especie en laboratorio y un incremento en los costos de producción. En la naturaleza, dichos rasgos también representarían una desventaja para la supervivencia de la especie, ya que los adultos aún sin reproducirse, estarían expuestos por mayor tiempo a la actividad de enemigos naturales (Smith 1922, Killington 1936, Bryant 1973, Daly 1978, Evans 1978, Canard 1981). La viabilidad baja de huevos representaría una presencia reducida de la especie, lo que demandaría invertir en mecanismos de defensa efectivos para proteger a una progenie escasa (Miller & Olesen 1979). A este respecto, se ha documentado la protección química de huevos realizada por las hembras de *C. smithi* (Eisner et al. 1996), además, las especies de *Ceraeochrysa* se caracterizan por presentar larvas con alta capacidad de defensa en contra de enemigos naturales mediante el camuflaje (Smith 1922, Eisner & Silberglied 1988). No obstante lo anterior, las especies estudiadas de *Ceraeochrysa* presentan un periodo de oviposición relativamente corto, además de una alta fertilidad de huevos (Núñez 1988, Venzon & Carvalho 1992, Silva et al.

1994, Dean & Schuster 1995, López-Arroyo *et al.* 1999a y 1999b). La mayor abundancia de *C. sp. nr. cincta* (México) en campo y su amplia distribución en el país, sugieren que dichos rasgos difieren de los que presenta en la naturaleza, por lo que posiblemente durante la investigación existieron factores que los afectaron, lo cual se corroboró con el estudio de la fecundidad de las hembras en relación a diferentes proporciones de machos.

En lo que se refiere a la longevidad de los adultos de *C. sp. nr. cincta* (México), la especie vivió tres meses, período que coincide con el rango de longevidad (2.5-3.0 meses) de adultos de diferentes especies de Chrysopidae que no exhiben diapausa (Canard & Principi, 1984). La supervivencia disminuyó de manera constante a través del tiempo; de acuerdo con Deevey (1947), la curva que se registró corresponde a un comportamiento de Tipo II. En cuanto al Tiempo de Generación (T), éste fue mayor que el determinado para *C. cincta* (U.S.A.), *C. smithi* (López-Arroyo *et al.* 1999b) y *Chrysoperla carnea* (Talebi *et al.* 2004); sin embargo, menor al registrado para *C. cubana* (López-Arroyo *et al.* 1999b). La tasa intrínseca de incremento (r_m) estimada para *C. sp. nr. cincta* (México) en este estudio fue similar que la determinada para *C. cincta* (U.S.A.) y *C. smithi* (López-Arroyo *et al.* 1999b), mayor que la estimada para *C. cubana* (López-Arroyo *et al.* 1999b) y menor que para *C. carnea* (Talebi *et al.* 2004).

Fecundidad con diferentes proporciones de machos

Generalmente las especies de Chrysopidae sólo requieren un apareamiento para fertilizar a la mayoría de los huevos que producen (Hagen & Tassan 1970, Sheldon & MacLeod 1974, Rousset 1984, Henry & Busher 1987). El requerimiento de apareamientos múltiples para mantener la producción de huevos fértiles en Chrysopidae ha sido documentado en *Ceraeochrysa cincta* (Florida, USA) (López-Arroyo *et al.* 1999c). Al igual que esta especie, *C. sp. nr. cincta* (México) presentó también un patrón de apareamientos múltiples a través del tiempo; sin embargo, la baja fecundidad estimada en la tabla de vida, es probable que fue debida a la existencia de un proceso de selección sexual por la hembra para aparearse con el macho asignado (Emlen & Oring 1977, Bogs & Gilbert 1979, Halliday & Arnold 1987, Arnold & Halliday 1992, Reynolds 1996), el cual es posible que careciera de rasgos sobresalientes, como vigor y tamaño, para ser aceptado para la cópula (Thornhill 1983, Arnold & Halliday 1992, Reynolds 1996, Yasui 1998). Lo anterior posiblemente ocasionó que la hembra realizara una aceptación tardía del macho e incluso permaneciera sin copular, con lo cual se produjeron períodos de preoviposición prolongados y bajo porcentaje de hembras fecundadas y huevos fertilizados. En el presente estudio se partió de hacer disponible para cada hembra un mayor número de machos para que existiera una mayor oportunidad de aceptar uno para copular, y así reducir el período de preoviposición e incrementar el número de hembras fecundadas y huevos fértiles. Se esperaba que las hembras de *C. sp. nr.*

cincta (México) con mayor número de machos (proporción de una hembra por cinco machos), registrara la mayor fecundidad como respuesta a una mayor frecuencia de apareamientos (López-Arroyo *et al.* 1999c) (Fig. 3); sin embargo, bajo las diferentes proporciones de hembra:macho evaluadas, el número de apareamientos registrados careció de una respuesta lineal. Lo anterior es posible que fuese debido a que las hembras confinadas temporalmente con más de un macho, fueron afectadas físicamente por ser sometidas a un acoso sexual mayor, resultante de una mayor frecuencia en el cortejo para que el proceso de apareamiento ocurriera (Daly 1978, Vennison & Ambrose 1986, Halliday 1978, Reynolds 1996); también es posible que ocurriera un mayor número de apareamientos fallidos o interrumpidos por la presencia de otros machos (Vennison & Ambrose 1986, Cordero & Andres 2002), como en los tratamientos con dos o más machos por hembra que se evaluaron en este estudio. Probablemente ambos factores contribuyeron a que la condición esperada de incrementar el número de apareamientos no ocurriera, lo cual se reflejó en una menor fecundidad (Fig. 6) (Daly 1978, Vennison & Ambrose 1986). En los sistemas de crías masivas de la especie, el requerimiento de apareamientos múltiples puede ser solucionado con el mantenimiento de densidades similares de hembras y machos en las unidades de oviposición, para así favorecer la incidencia de apareamientos y consecuentemente incrementar la fecundidad de la hembra.

Ceraeochrysa sp. nr. *cincta* (México) presentó rasgos biológicos y reproductivos que son comparables a los que poseen otras especies de la familia Chrysopidae utilizadas con éxito en el control biológico de plagas agrícolas (Tauber *et al.*, 2000b). Con el presente estudio además se confirmó que es factible reproducir masivamente a la especie en condiciones de laboratorio, por lo que en el corto plazo se podría disponer de un nuevo agente de control biológico con potencial para ser liberado comercialmente para atacar plagas en los frutales de México.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el valioso apoyo de Elvia García durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se agradece a los Doctores Urbano Nava Camberos, Roberto Mercado Hernández, Humberto Quiroz Martínez, así como a los árbitros de la revista, por la revisión y sugerencias realizadas para mejorar el documento. El estudio fue financiado por el CONACYT a través del Proyecto CONACYT/SAGARPA 1249.

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.

- Afzal, M. & M. R. Khan.** 1978. Life history and feeding behaviour of green lacewing, *Chrysopa carnea* Stephens (Neuroptera, Chrysopidae). *Pakistan J. Zool.* 10(1): 83-90.
- Albuquerque, G. S., C. A. Tauber & M. J. Tauber.** 1994. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Life history and potential for biological control in Central and South America. *Biological Control* 4: 8-13.
- Arnold, S. J. & T. Halliday.** 1992. Multiple mating by females: The design and interpretation of selection experiments. *Anim. Behav.* 43: 178-179.
- Badii M. H., A. E. Flores & L. A. Rodríguez B.** 2000. Tablas de vida. pp. 155-166. In: Badii M. H., A. E. Flores & L. J. Galán W. (Eds). *Fundamentos y perspectivas de Control Biológico*. Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.
- Birch, L. C.** 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Bogs, C. L. & L. E. Gilbert.** 1979. Male contribution to egg production in butterflies: Evidence for transfer of nutrients at mating. *Science* 206: 83-84.
- Brooks, S. J. & P. C. Barnard.** 1990. The green lacewings of the world: A generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Nat. Hist. (Ent.)* 59: 117-286.
- Bryant, D. M.** 1973. The factors influencing the selection of food by the house-martin *Dolichon urbica* L. *J. Anim. Ecol.* 42: 539-564.
- Burke, H. R. & D. F. Martin.** 1956. The biology of three chrysopid predators of the cotton aphid. *J. Econ. Entomol.* 49(5): 698-700.
- Canard, M.** 1981. Chrysopes (Neuroptera) peu connues ou nouvelles por la France. *Neur. Int.* 1: 99-109.
- Canard, M. & M. M. Principi.** 1984. Life histories and behavior. pp. 57-100. In: Canard, M., Y. Semeria & T. R. New (Eds.). *Biology of Chrysopidae*. Series Entomologica Vol. 27. Dr. W. Junk Publishers. Netherlands, The Hague.
- Cordero, A. & J. A. Andres.** 2002. Male coercion and convenience polyandry in a calopterygid damselfly. *Journal of Insect Science* 2: 14.
- Daly, M.** 1978. The cost of mating. *The American Naturalist* 112: 771-774.
- Dean, D. E. & D. J. Schuster.** 1995. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphididae) as prey for two species of Chrysopidae. *Environ. Entomol.* 24: 1562-1568.
- Deevey, E. S.** 1947. Life tables for natural populations of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22: 283-314.
- de Freitas S. & N. D. Penny. 2001. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Procc. Calif. Acad. Sc.* 52(19): 245-395.
- Eisner, T., A. B. Attygalles, W. E. Conner, M. Eisner, E. MacLeod & J. Meinwald.** 1996. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrysa smithi*). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 93: 3280-3283.
- Eisner, T. & R. E. Silberglied.** 1988. A chrysopid larva that cloaks itself in mealybug wax. *Psyche* 95: 15-95.
- Elkarmi, L. A., M. K. Harris & R. K. Morrison.** 1987. Laboratory rearing of *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), a predator of insect pests of pecans. *Southwest. Entomol.* 12(1): 73-78.
- Emlen, S. T. & L. W. Oring.** 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating system. *Science* 197: 215-223.

- Evans, H. E. 1978. A solitary wasp that preys upon lacewings (Hymenoptera, Sphecidae; Neuroptera, Chrysopidae). *Psyche* 85: 81-84.
- Freitas S. & N. D. Penny. 2001. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agro-ecosystems. *Procc. of the California Academy of Sciences* 52(19): 245-395.
- Gitirana, N. J., C. Freire A., B. Souza & L. V. Costa S. 2001. Flutuación populacional de especies de *Ceraeochrysa* Adams, 1982 (Neuroptera: Chrysopidae) em citros, na região de Lavras-MG. *Ciênc. Agrotec.* 25(3): 550-559.
- Hagen, K. S., & R. L. Tassan. 1970. The influence of food Wheast® and related *Saccharomyces fragilis* yeast products on the fecundity of *Chrysopa carnea*. *Can. Entomol.* 102: 806-811.
- Halliday, T. R. 1978. Sexual selection and mate choice. pp. 117-141. In: Krebs, J. R. & N. B. Davies (Eds.). *Behavioural ecology: an evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Sci. Publis.
- Halliday, T. & S. J. Arnold. 1987. Multiple mating by females: a perspective from quantitative genetics. (Short Communications). *Anim. Behav.* 35(3): 939-941.
- Henry, C. S. & C. Busher. 1987. Patterns of mating and fecundity in several common lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of eastern North America. *Psyche* 94: 219-244.
- Killington, F. J. 1936. *A monograph of the British Neuroptera*. 2. London: Ray Soc. 269 p. + 15 pl.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª Edición. Harla, México. 753 p.
- López-Arroyo, J. I., C. A. Tauber & M. J. Tauber. 1999a. Effects of prey on survival, development, and reproduction of trash-carrying chrysopids (Neuroptera: *Ceraeochrysa*). *Environ. Entomol.* 28: 1183-1188.
- . 1999b. Comparative life histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92(2): 208-217.
- . 1999c. Intermittent oviposition and remating in *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 587-593.
- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald & M. S. Boyce. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* 67(5): 1156-1166.
- Miller, L. A. & J. Olesen. 1979. Avoidance behavior in green lacewings. 1. Behavior of free-flying green lacewings to hunting bats and ultrasound. *J. Comp. Physiol.* 131: 113-120.
- Núñez E. 1988. Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev. Peruana Entomológica* 31: 76-82.
- Ott, R. L. 1993. *An introduction to statistical methods and data analysis*. 4th. ed. Duxbury, Belmont, Ca.
- Penny, N. D. 1997. Four new species of Costa Rican *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Pan-Pacific Entomol.* 73(2): 61-69.
- Reynolds, J. D. 1996. Animal breeding systems. *Reviews Tree* 11(2): 68-72.
- Rousset, A. 1984. Reproductive physiology and fecundity. pp. 116-129. In: Canard, M., Y. Semeria & T. R. New (Eds.). *Biology of Chrysopidae*. Series Entomologica Vol. 27. Dr. W. Junk Publishers. Netherlands, The Hague.
- Sheldon, J. K. & E. G. MacLeod. 1974. Studies on the biology of the Chrysopidae. IV. A field and laboratory study of the seasonal cycle of *Chrysopa carnea* Stephens in Central Illinois (Neuroptera: Chrysopidae). *Trans. Am. Entomol. Soc.* 100: 437-512.

- Silva, R. L. X., C. F. Carvalho & M. Venzon.** 1994. Aspectos biológicos das fases imaturas de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) em quatro gerações sucesivas em laboratório. *Ciênc. e Prát.* 18: 13-17.
- Smith, R. C.** 1922. *The biology of Chrysopidae*. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Mem. 58: 1291-1372.
- SPSS Inc.** 1999. *SPSS 10.0 for Windows*. Chicago, IL., USA.
- Talebi, A. A., S. Shahpouri, Y. Fathipour & S. Moharramipour.** 2004. The comparison of population parameters in green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neu.: Chrysopidae) and its egg parasitoid wasp, *Telenomus acrobats* Giard (Hym.: Scelionidae). Proceeding of 15th International Plant Protection Congress, Beijing, China. p. 423 (Abstract).
- Tauber, C. A. & T. de León.** 2001. Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): larvae of *Ceraeochrysa* from Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94(2): 197-209.
- Tauber, C. A., T. de León, N. D. Penny & M. J. Tauber.** 2000a. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, adults and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93(6): 1195-1221.
- Tauber, C. A., & M. J. Tauber.** 1982a. Evolution of seasonal adaptations and life history traits in *Chrysopa*: Response to diverse selective pressures, pp: 51-72. In: H. Dingle, & J. P. Hegmann (Eds.). *Evolution and genetics of life histories*. Springer-Verlag, New York.
- . 1982b. Life history traits of *Chrysopa carnea* and *Chrysopa rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae): influence of humidity. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76(2): 282-285.
- Tauber, M. J., C. A. Tauber, K. M. Daane, & K. S. Hagen.** 2000b. Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). *Am. Entomol.* 46: 26-38.
- Thornhill, R.** 1983. Cryptic female choice and its implications in the scorpionfly *Harpobittacus nigriceps*. *The American Naturalist* 122(6): 765-788.
- Venison, S. J. & D. P. Ambrose.** 1986. Impact of mating on oviposition pattern and hatchability in *Rhinocoris fuscipes* (Heteroptera: Reduviidae) a potential predator of *Heliothis armigera*. *J. Soil Biol. Ecol.* 6(1): 57-61.
- Venzon, M. & C. F. Carvalho.** 1992. Biologia da fase adulta de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) em diferentes dietas e temperaturas. *Ciênc. e Prát.* 16: 315-320.
- Yasui, Y.** 1998. The 'genetic benefits' of female multiple mating reconsidered. *TREE* 13: 246-250.

Recibido: 29 de mayo de 2006

Aceptado: 4 de junio de 2007