

# Respuesta funcional de diferentes instares larvales de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae)

## Functional response of different larval instars of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) on nymphs of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae)

Carlos Ail-Catzim <sup>1</sup>  
Ernesto Cerna-Chávez <sup>2</sup>  
Jerónimo Landeros-Flores <sup>2</sup>  
Luis Aguirre-Uribe <sup>2</sup>

Mariano Flores-Dávila <sup>2</sup>  
Mohammad Badii-Zabeh <sup>3</sup>  
Yisa Ochoa-Fuentes <sup>4</sup>

Originales: Recepción: 24/09/2010 - Aceptación: 09/10/2012

### RESUMEN

*Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) es una plaga importante de solanáceas en México; para su control, la utilización de plaguicidas es el principal método, por lo que el uso de enemigos naturales bajo un sistema de manejo integrado, ha sido poco utilizado. Tal es el caso de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), agente de control biológico reportado para esta plaga; sin embargo, se carece de estudios para conocer su potencial. El objetivo del presente trabajo consistió en determinar el tipo y los parámetros de respuesta funcional de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli*. El análisis de regresión logística reveló que la respuesta funcional de los tres instares larvales de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli* fue de tipo II. Los tres instares consumieron ninfas de *B. cockerelli*, sin embargo el tercer instar tuvo mayor consumo,

### ABSTRACT

*Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) is an important pest of solanaceous in Mexico, for its control the use of pesticides is the main method. Reason why the use of natural enemies under an integrated management system, has been little used, as in the case of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), reported biological control agent for this pest, however lack studies to determine their control potential. Therefore, the objective of this study was to determine the type and parameters of functional response of *C. carnea* on nymphs of *B. cockerelli*. The logistic regression analysis revealed that the functional response of the three larval instars of *C. carnea* on nymphs of *B. cockerelli* was type II. The three instars consumed nymphs of *B. cockerelli*, however the third instar had higher consumption, shorter handling and greater coefficient of attack,

<sup>1</sup> Estudiante de doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAN), Departamento de Parasitología Agrícola.

<sup>2</sup> Catedráticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología Agrícola. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.

<sup>3</sup> Catedrático de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>4</sup> Catedrática de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Posta Zootécnica. C. P. 20900. Jesús María, Aguascalientes, México. ymochoa@correo.uaa.mx.

menor tiempo de manipuleo y mayor coeficiente de ataque. Estos resultados demostraron que *C. carnea* fue voraz y su capacidad depredadora está en función de su estado de desarrollo. El tercer instar reveló altas posibilidades para reducir las poblaciones de esta plaga, lo que sugiere que puede ser incluido en sistemas de manejo integrado de plagas basados en el control biológico aumentativo.

these results demonstrated that *C. carnea* was voracious and predatory capacity is a function of their state of development, the third instar revealed high potential to reduce pest populations, suggesting that can be included in systems integrated pest management based augmentative biological control.

### Palabras clave

depredador • coeficiente de ataque  
• psílido de la papa • tiempo de manipuleo • regresión logística

### Keywords

predator • coefficient of attack • potato psyllid • manipulation time • logistic regression

## INTRODUCCIÓN

*Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) es una de las plagas más importantes del chile, tomate y papa en México (34), la cual causa daño directo e indirecto. El primero ocurre cuando se alimenta succionando la savia de las plantas e inyecta una toxina sistémica (7, 27), mientras que el indirecto es por la transmisión de fitoplasmas (14). En México se ha implicado este psílido con el fitoplasma que causa el síndrome punta morada de la papa (3): esta enfermedad es el factor más importante que limita la producción del cultivo (12). Recientemente este insecto ha sido relacionando con una nueva enfermedad de la papa denominada "Zebra Chip", que se caracteriza por un patrón de rayas necróticas en tubérculos de plantas infectadas (27).

Para el manejo de este vector en el cultivo de la papa, el control químico es el método más empleado. Los productores de este cultivo realizan de cinco a treinta aplicaciones de insecticida para el control de este vector por temporada (31), presentando un uso intensivo de plaguicidas para combatir esta plaga, lo cual puede ocasionar efectos negativos tales como el desarrollo de resistencia a los insecticidas, acumulación y persistencia de los compuestos en el ambiente, efecto en los organismos benéficos y mayores costos de producción (10). Con la implementación del uso de enemigos naturales, bajo un sistema de manejo integrado de plagas, en la producción del cultivo de la papa, se pueden reducir estos efectos negativos.

En relación con los enemigos naturales del psílido de la papa se han reportado varios insectos depredadores (23), incluyendo larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephens) y *C. rufilabris* (Burmeister) (Neuroptera: Chrysopidae), teniendo como dieta sólo ninfas de *B. cockerelli*. Sin embargo, *C. carnea* tuvo un consumo diario y total mayor que el reportado para *C. rufilabris*; además ambas especies no presentaron preferencia de presa cuando se les ofreció áfidos y ninfas del psílido de la papa (2). Estos resultados destacan *C. carnea* como potencial agente de control biológico para esta plaga.

Es por ello que es importante estudiar la manera en que un depredador responde a situaciones biológicas, y así poder conocer su efectividad como agente de control biológico a nivel laboratorio. Esta efectividad está parcialmente relacionada con el tipo de respuesta funcional que presenta y la información de estudios de laboratorio, y puede ser usada para inferir los mecanismos básicos de la interrelación depredador-presa (19, 29). Además, estos estudios a nivel de laboratorio representan el punto central para el uso exitoso de agentes de control biológico en liberaciones inundativas (35).

Debido a lo expuesto precedentemente y a la poca información de estudios para conocer el tipo de respuesta funcional que presenta *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli*, en el presente trabajo se planteó la hipótesis que la edad del depredador influye sobre el consumo de presas, en el tipo de respuesta y en los parámetros de la respuesta funcional.

En consecuencia, este trabajo tuvo como objetivo determinar el tipo y los parámetros de la respuesta funcional de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli*, con el fin de conocer su efectividad como agente de control biológico de esta plaga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Las ninfas de *B. cockerelli* se obtuvieron de una colonia establecida con adultos del psílido recolectados en lotes comerciales de papa en la zona de Arteaga, Coahuila, México, los cuales se mantuvieron utilizando como sustrato plantas de papa y chile en una jaula entomológica bajo condiciones de campo.

En relación con los diferentes instares larvales ( $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$ ) de *C. carnea*, se obtuvieron a partir de huevecillos proporcionados por el Laboratorio de Producción de Enemigos Naturales del Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Coahuila, México. Estos huevecillos se individualizaron en vasitos de plástico de 3 cm de diámetro por 3 cm de alto. Luego de su emergencia, las larvas fueron alimentadas con huevos de *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae) y mantenidas bajo condiciones controladas de temperatura  $25\pm 2^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $70\pm 10\%$  y fotoperíodo 14:10 h luz:oscuridad, hasta obtener los diferentes instares a evaluar.

### Respuesta funcional

Se evaluaron tres instares larvales ( $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$ ) de *C. carnea* sobre ninfas grandes de *B. cockerelli*, que comprendían los estadios ninfales cuatro y cinco. Para esto se empleó el método de hoja arena, el cual consistió de una caja de Petri (6 cm de diámetro) con un disco de tela de fieltro húmedo en el fondo; sobre este se colocó un disco de hoja de papa (*Solanum tuberosum* cv. Cesar) de 5 cm de diámetro (24), en el cual se depositaron diferentes densidades de la presa (*B. cockerelli*). Se utilizaron 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 ninfas para el primer instar larval y 1, 2, 4, 8, 16, 32, 48 y 64 ninfas para el segundo y tercer instar larval de *C. carnea*; se incluyeron 10 repeticiones para cada una de las densidades a evaluar.

El primer instar larval de *C. carnea* se empleó 24 h después de haber emergido del huevo, el segundo y tercer instar larval se emplearon 24 h después de haber mudado de un instar a otro.

Una hora después de haber depositado las presas (*B. cockerelli*), se introdujo un depredador por cada arena experimental; antes de iniciar el experimento las larvas de *C. carnea* se mantuvieron durante 12 h en ayuno.

Después de un período de forrajeo de 6 h se registró el número de presas consumidas por el predador. Cabe señalar que las presas consumidas por el depredador no fueron reemplazadas durante el experimento.

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones controladas en una cámara bioclimática, temperatura  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 10\%$  y fotoperíodo 14:10 h Luz: oscuridad.

### Análisis de resultados

Se llevó a cabo en dos pasos. El primero consistió en determinar el tipo de respuesta funcional (forma de la curva), la cual se determinó mediante análisis de regresión logística de la proporción de presas consumidas en relación con la densidad inicial de presas ofrecidas, ajustando los resultados con el siguiente modelo logístico polinomial:

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}$$

donde

$N_e$  = número de presas consumidas

$N_0$  = densidad inicial de presas

$P_0, P_1, P_2$  y  $P_3$  = parámetros a ser estimados

Las regresiones se realizaron iniciando con el modelo cúbico y los coeficientes de mayor orden que no fueron significativamente diferentes de cero se eliminaron, hasta que todos los coeficientes que permanecieron en el modelo fueran significativamente diferentes de cero.

El símbolo del parámetro lineal  $P_1$  se usó para distinguir entre la respuesta funcional tipo II y tipo III, si  $P_1 < 0$ , la proporción de presas consumidas decrece monotónicamente con el número inicial de presas ofrecidas, y de esta manera se describe la respuesta funcional de tipo II, pero si  $P_1 > 0$ , la proporción de presas consumidas es positivamente dependiente de la densidad inicial, de esta manera se describe la respuesta funcional de tipo III (21). La regresión logística se trabajó con el procedimiento PROC LOGISTIC de SAS/STAT (32).

Para el segundo paso, que consistió en estimar los parámetros de la respuesta funcional (tiempo de manipuleo y coeficiente de ataque), se realizó mediante el modelo de Rogers (30), a través de una regresión no lineal del número de presas consumidas contra la densidad de presas ofrecidas. Modelo de Rogers (30) para respuesta funcional tipo II:

$$N_e = N_0 \{1 - \exp[a(T_h N_e - T)]\}$$

donde:

$N_e$  = número de presas consumidas

$N_0$  = densidad inicial de presas

$T$  = tiempo total de duración de experimento

$T_h$  = tiempo de manipuleo

$a$  = coeficiente de ataque.

La regresión no lineal se trabajó con el procedimiento PROC NLIN de SAS/STAT (32).

## RESULTADOS

El análisis de regresión logística indicó respuesta funcional de tipo II para los tres instares larvales de *C. carnea* (tabla 1).

**Tabla 1.** Parámetros ( $\pm$  SD) estimados para la regresión logística de la proporción de presas consumidas por diferentes instares larvales de *C. carnea* ( $N_e/N_0$ ) como una función de la densidad inicial  $N_0$ .

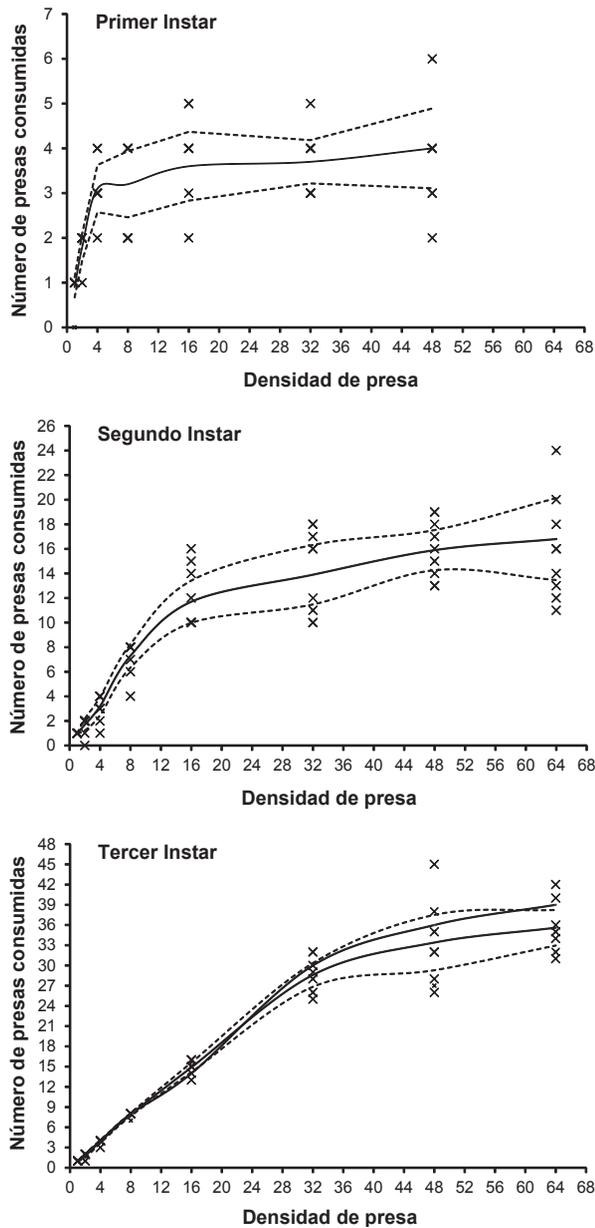
**Table 1.** Estimated parameters ( $\pm$  SD) from a logistical regression analysis of the prey ratio eaten by different larval instars of *C. carnea* ( $N_e/N_0$ ), as a function of the initial density  $N_0$ .

Instar larval	Parámetros			
	Intercepto ( $P_0$ )	Lineal ( $P_1$ )	Cuadrático ( $P_2$ )	Cúbico ( $P_3$ )
<b>Primer</b>	2,1901*** ( $\pm 0,4249$ )	-0,3702*** ( $\pm 0,0734$ )	0,0110** ( $\pm 0,00325$ )	-0,00011* ( $\pm 0,000040$ )
<b>Segundo</b>	2,4897*** ( $\pm 0,2582$ )	-0,1097*** ( $\pm 0,0139$ )	0,000860*** ( $\pm 0,00017$ )	-
<b>Tercer</b>	3,5739*** ( $\pm 0,2189$ )	-0,0532*** ( $\pm 0,00401$ )	-	-

Parámetros seguidos por \* son significativos en  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,001$ , \*\*\*  $p < 0,0001$  en prueba de  $X^2$ .

Parameters followed by \* are significant in  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.001$ , \*\*\*  $p < 0.0001$  in test  $X^2$ .

El tercer instar consumió un número mayor de presas, en comparación con el primer y segundo instar. Cuando las larvas de *C. carnea* se alimentaron sobre ninfas de *B. cockerelli*, el número de presas consumidas se incrementó en una tasa decreciente hasta alcanzar el nivel de asíntota (figura, pág. 284).



Línea continua indica respuesta observada; línea discontinua indica intervalo de confianza al 95%.

Solid line indicates observed response; dashed line indicates confidence interval of 95%.

**Figura.** Respuesta funcional observada de tres instares larvales de *Chrysoperla carnea* sobre diferentes densidades de ninfas de *Bactericera cockerelli*.

**Figure.** Functional response observed in three larval instars of *Chrysoperla carnea* on different *Bactericera cockerelli* nymph density rates.

El consumo máximo teórico de un depredador está limitado por el alto de la asíntota, el cual está definido por la razón  $T/Th$  (16), por lo que teóricamente las larvas de primer, segundo y tercer instar de este depredador pueden consumir un máximo de 3,89; 18,01 y 39,2 ninfas por un periodo de 6 h.

Los valores estimados para  $a$  y  $Th$  de los tres instares larvales de *C. carnea* se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros de la respuesta funcional tipo II estimados con el modelo de Rogers (30), para tres instares larvales de *C. carnea* sobre ninfas de *B. cockerelli*.

**Table 2.** Parameters of functional response type II, estimated with Rogers (30) model, for three larval instars of *C. carnea* on *B. cockerelli* nymphs.

Instar larval	Parámetros	
	a	Th
Primer	0,7327 ±0,2797 <sup>a</sup> (0,1746-1,2908)*	1,5421± 0,0726 <sup>a</sup> (1,3971-1,6870)*
Segundo	0,5540±0,1340 <sup>a</sup> (0,2873-0,8208)	0,3331± 0,0172 <sup>B</sup> (0,2989-0,3674)
Tercer	1,2437±0,3073 <sup>a</sup> (0,6319-1,8555)	0,1503±0,00701 <sup>C</sup> (0,1363-0,1642)

$a$  = Coeficiente de ataque,  $Th$  = Tiempo de manipuleo, \* Valores en paréntesis indican intervalo de confianza al 95%.

$a$  = Attack coefficient,  $Th$  = Handling time, \* Values in parentheses indicate confidence interval 95%.

El  $a$  del tercer instar larval resultó más grande que el obtenido para el primer y segundo instar. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre ellos, basado en los intervalos de confianza al 95%. El  $Th$  para todos los instares larvales del depredador fue significativamente diferente, basado en el mismo criterio. El  $Th$  para el tercer instar fue significativamente más bajo que para instares inferiores: dicho valor resultó diez veces menor que el presentado por el primer instar larval lo cual indica que el tercer instar puede manipular más fácilmente su presa y por lo tanto puede consumir un número mayor de ninfas.

## DISCUSIÓN

El análisis de regresión logística reveló que los diferentes instares larvales de *C. carnea* exhibieron respuesta funcional tipo II, para diferentes densidades de ninfas de *B. cockerelli*. En todas las curvas se observó que alcanzan un nivel de asíntota en altas densidades de presas, característico de la respuesta funcional tipo II (17, 25). Estos resultados difieren de lo reportado por Hassanpour *et al.* (15), quienes indicaron respuesta funcional diferente según la edad de *C. carnea*; obtuvieron respuesta funcional tipo II para primer y segundo instar y tipo III para tercer instar, sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). La diferencia en el tipo de respuesta que presentó el tercer instar de dicho estudio y la presente investigación, posiblemente se deba al tamaño de la presa (16), debido a que el tamaño de los ácaros: 0,480 mm (15), es tres veces inferior

al tamaño de ninfas ( $n_4$ - $n_5$ ) de *B. cockerelli*: 1,53 mm (25), lo que dificultaría la búsqueda y ataque de la presa pequeña en densidades bajas, pero en densidades altas habría un mayor ataque, lo cual describe una respuesta funcional tipo III.

Por su parte, Atlihan *et al.* (4) reportaron respuesta funcional de tipo II para los tres instares larvales de *C. carnea* sobre ninfas de cuarto y quinto instar de *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Hemiptera: Aphididae), lo cual concuerda con lo obtenido en la presente investigación. Sin embargo, los coeficientes de ataque que señalaron estos autores para primer, segundo y tercer instar respectivamente son inferiores a lo observado en este estudio. Probablemente esté relacionado con la movilidad de la presa, ya que una presa móvil puede evadir más fácilmente la captura del depredador (6), lo que se traduce en un menor número de ataques; de este modo, Daniels (8) menciona que las ninfas de *B. cockerelli* permanecen cerca del sitio donde se ovipositaron los huevos, lo que indica poca movilidad de esta plaga; este comportamiento se refleja en mayor número de ataques, tal como sucedió en el estudio.

Holling (18) y Huffaker *et al.* (20) señalaron que los depredadores que muestran respuesta funcional tipo III son teóricamente más capaces de regular las poblaciones de sus presas. Sin embargo, la respuesta funcional tipo II es la más común reportada en insectos (5) e incluso en *C. carnea* (4,15, 26) y otras especies de crisopas (13, 22, 28, 33). Aunque la respuesta funcional tipo III representa alta posibilidad de regulación, no hay que descartar aquellos insectos que presentan respuesta tipo II, ya que es típica de depredadores que forrajean en poblaciones de presa inestables, y esto significa rápida utilización del alimento por los depredadores y a menudo hasta en bajas densidades (1), lo que puede ser adecuado en programas de control biológico basados en liberaciones aumentativas, donde las posibilidades de regulación no son tan importantes como en las liberaciones inoculativas (28).

En relación con los valores de coeficiente de ataque que se obtuvieron en este experimento, en cada uno de los instares larvales del depredador se observó un efecto del tamaño de la crisopa: a mayor tamaño, mayor coeficiente de ataque. Sin embargo, en análisis de los intervalos de confianza de estos parámetros no hubo diferencias significativas entre los tres instares larvales. Fernando & Hassell (11) mencionan que depredadores de mayor tamaño buscan vigorosamente, capturan y consumen más fácilmente su presa, lo que se refleja en un incremento del coeficiente de ataque y una reducción en el tiempo de manipuleo. En relación con el tiempo de manipuleo, Rogers (30) menciona que es un factor importante que influye en la cantidad de presas consumidas; en general los depredadores de mayor tamaño presentan un  $Th$  menor, en comparación a los depredadores más pequeños (11).

En la presente investigación el tiempo de manipuleo decreció con el estado de desarrollo del depredador: el  $Th$  del tercer instar larval resultó 10 y 2 veces menor en comparación con tiempo de manipuleo del primer y segundo instar larval, respectivamente. En comparación con otros estudios, los resultados del presente estudio de  $Th$  son muy similares a los reportados por Atlihan *et al.* (4) para *C. carnea* sobre *H. pruni*, pero superiores a lo reportado por Hassanpour *et al.* (15).

Si bien todos los instares larvales de *C. carnea* mostraron buen nivel de depredación sobre ninfas de *B. cockerelli*, el tercer instar larval presentó un mayor consumo, en comparación con los instares inferiores, lo que indica que larvas de tercer instar larval tienen un alto potencial para reducir las poblaciones de esta plaga; resultados similares reportan Atlihan *et al.* (4), Cheng *et al.* (6) y Hassanpour *et al.* (15). El alto consumo de presas del último instar larval es reflejo de su tamaño más grande (15), y en algunos depredadores el tener un tamaño de cuerpo lo suficientemente grande en relación con el tamaño de la presa es importante para el éxito de la depredación (9).

## CONCLUSIONES

Este estudio demostró que *C. carnea* es voraz sobre *B. cockerelli* y su capacidad depredadora está en función de su estado de desarrollo; el tercer instar larval reveló altas posibilidades para reducir las poblaciones de esta plaga, lo que sugiere que este depredador puede ser incluido en sistemas de manejo de plagas basados en el control biológico aumentativo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agarwala, B. K.; Bardhanroy, P.; Yasuda, H.; Takizawa, T. 2001. Prey consumption and Oviposition of the aphidophagous predator *Menochilus sexmaculatus* (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to prey density and adult size. *Environmental Entomology*. 30(6): 1182-1187.
2. Al-jabr, A. M., 1999. Integrated Pest Management of Tomato / Potato Psyllid, *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) with Emphasis on its Importance in Greenhouse Grown Tomatoes. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Colorado State University Fort Collins, Colorado. 92p.
3. Almeyda, L. H.; Sánchez, J. A.; Garzón, J. A. 2008. Detección molecular de fitoplasmas en papa (p.25- 37). *In*: Flores, O. A.; y Lira, R. H. (eds). Detección, diagnóstico y manejo de la enfermedad punta morada de la papa. Parnaso. España. pp. 135.
4. Atlihan, R.; Kaydan, B.; Ozgokce, M. S. 2004. Feeding activity and life history characteristics of generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera:Chrysopidae), at different prey densities. *Journal Pest Science*. 77:17-21.
5. Begon, M.; Harper, J. L.; Townsend, C .R. 1999. *Ecology: individuals, populations, and communities*. 3<sup>rd</sup> Ed. London, UK. Blackwell. 1068p.
6. Cheng, L. L.; Nechols, J. R.; Margolies, D. C.; Campbell, J. F.; Yang, P. S.; Chen, C. C; Lu, C. T. 2009. Foraging on and consumption of two species of papaya pest mites, *Tetranychus kanzawai* and *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae), by *Mallada basallis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*. 38: 715-722.
7. Cranshaw, W. 2002. Manejo del psílido de la papa y tomate en el cultivo de la papa. Memoria del XI Congreso Nacional de Papa. León Guanajuato, México. 46-51pp.
8. Daniels, L. B. 1934. The tomato psyllid and the control of psyllid yellows of the potatoes. *Colorado Agriculture Collection Bulletin*. 410 p.
9. Dean, D. E.; Schuster, D. J. 1995. Bemisia argentifolii (Homoptera: Aleyrodadae) and Macrosiphum euphorbiae (Homoptera: Aphididae) as prey for two species of Chrysopidae. *Environmental Entomology*. 24: 1562-1568.
10. Dent, D. 2000. *Insect pest management*. Wallingford, UK. CABI Publishing. 410 p.
11. Fernando, M. H. J. P.; Hassell, M. P. 1980. Predator-prey responses in an acarine systems. *Research Population Ecology*. 22: 301-32.
12. Flores, O. A.; Alemán, N. I.; Notario, M. I. 2004. Alternativas para el manejo de la punta morada. (p. 66-90). *In*: Flores, O. A.; y Lira, R. H. (eds). Detección, diagnóstico y manejo de la enfermedad punta morada de la papa. Parnaso. España. 135 p.

13. Fonseca, A. R.; Carvalho, C. F.; Souza, B. 2000. Resposta Funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) Alimentada com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29(2): 309-317.
14. Garzón, T. J. A., 2004. *Bactericera cockerelli* (*Paratrioza cockerelli* Sulc), vector de fitoplasmas en México (p. 91-114). In: Flores, O. A. y Lira, R. H. (eds). Detección, diagnóstico y manejo de la enfermedad punta morada de la papa. Parnaso. España. 135 p.
15. Hassanpour, M.; Nouri-Ganbalani, G.; Mohaghegh, J.; Enkegaard, A. 2009. Functional response of different larval instars of the green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera:Chrysopidae), to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae). *Journal of Food Agriculture & Environment*. 7(2): 424-428.
16. Hassell, M. P.; Lawton, J. H.; Beddington, J. R. 1977. Sigmoid functional response by invertebrate predators and parasitoids. *Journal Animal Ecology*. 46:249-262.
17. Holling, C. S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomology*. 9:385-398.
18. Holling, C. S. 1965. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 48:3-60.
19. Houck, M. A.; Strauss, R. E. 1985. The comparative study of functional responses: Experimental design and statistical interpretation. *Canadian Entomology*. 91:617-629.
20. Huffaker, C. B.; Messenger P. S.; DeBach, P. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. In *Biological Control* (C. B. Huffaker, ed.). Plenum, New York. 16-67 pp.
21. Juliano, S. A. 2001. Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. In: Scheiner SM and Gurevitch J, editors. *Design and analysis of ecological experiments*. 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA. Chapman and Hall. 178-196 pp.
22. Kabissa, J. C. B.; Yarro, J. G.; Kayumbo, H. Y.; Juliano, S. A. 1996. Functional response of two chrysopid predators feeding on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) and *Aphis gossypii* (Homoptera:Aphididae). *Entomophaga*. 41(2): 141-151
23. Knowlton, G. F. 1933. Aphis lion predators of the potato psyllid. *Journal of Economic Entomology*. 26: 971-977.
24. Legaspi, J. C.; Carruthers, R. I.; Nordlund, D. A. 1994. Life history of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) provided sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and other food. *Biological Control*. 4: 178-184.
25. Marín, J. A.; Garzón, T. J. A.; Becerra, F. A.; Mejía, A. C.; Bújanos, M, R.; Byerly, M. K. F. 1995. Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc)(Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad "Permanente del tomate" en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas*. 38: 25-32.
26. Montoya A. A. F.; Ito, K.; Nakahira, K.; Arakawa, R. 2010. Functional response of *Chrysoperla nipponensis* and *C. carnea* (Neuroptera:Chrysopidae) to the cotton aphid *Aphis gossypii* Glove (Homoptera:Aphididae) under laboratory conditions. *Applied Entomology and Zoology*. 45(1): 201-206.
27. Munyaneza, J. E.; Crosslin, J. M.; Upton, J. E. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) with "Zebra Chip" a new potato disease in Southwestern United States and México. *Journal of Economic Entomology*. 100: 656-663.
28. Nordlund, D. A.; Morrison, R. K. 1990. Handling time, prey preference and functional response of *Chrysoperla rufilabris* in the laboratory. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 57: 237-242.
29. Pervez, A.; Omkar, O. 2005. Functional Responses of Coccinellid Predators: An illustration of a logistic approach. *Journal Insect Science*. 7: 32-37
30. Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. *Journal Animal Ecology*. 41:369-383.
31. Rubio, C. O.; Almeida, I. H.; Ireta, J.; Sánchez, J. A.; Fernández R.; Bordon, J. T.; Díaz, C.; Garzón, J. A.; Rocha, R.; Cadena, M. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica (México)*. Vol. 32 Núm. 2. p. 201-211.
32. SAS Institute. 2001. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
33. Stewart C. D.; Braman, K.; Pendley, A. F. 2002. Functional response of the azalea plant bug (Heteroptera:Miridae) and a green lacewing *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera:Chrysopidae), two predators of the azalea lace bug (Heteroptera:Tingidae). *Environmental Entomology*. 31(6): 1184-1190.
34. Vega, G. M. T.; Rodríguez, J. C.; Díaz, O.; Bujanos, R.; Mota, D.; Martínez, J. L.; Lagunes, A.; Garzón, J. A. 2008 Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Trioziidae). *Agrociencia (México)* 42: 463-471.
35. Wiedenmann, R. N.; Smith, J. W. 1997. Attributes of natural enemies in ephemeral crop habitats. *Biological Control*. 10:16-22.