

## Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae)

Prey size preference for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in six Chrysopidae species (Neuroptera)

ILIANA PACHECO-RUEDA<sup>1,2</sup>, J. REFUGIO LOMELI-FLORES<sup>1,3</sup>, J. ISABEL LÓPEZ-ARROYO<sup>4</sup>,  
HÉCTOR GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ<sup>1,5</sup>, JESÚS ROMERO-NAPOLES<sup>1,6</sup>,  
MA. TERESA SANTILLÁN-GALICIA<sup>1,7</sup> y JAVIER SÚAREZ-ESPINOZA<sup>8</sup>

**Resumen:** *Diaphorina citri*, el vector de *Candidatus Liberibacter* spp., es atacado en el continente americano por diversas especies de depredadores generalistas que podrían ser aprovechadas en programas de control biológico; dentro de ellos, los crisópidos sobresalen por su abundancia y frecuencia en zonas cítricas donde *D. citri* está presente. En este estudio se determinó la preferencia de tamaños de presa en larvas de *Chrysoperla comanche*, *C. externa*, *C. rufilabris*, *Ceraeochrysa cincta*, *Ce. claveri* y *Ce. valida* (Neuroptera: Chrysopidae) en experimentos de opción y no opción en condiciones de laboratorio, donde se registró el número de ninfas consumidas por cada instar larval en un periodo de 6 h; los datos se sometieron a análisis de varianza y se determinó el índice de preferencia de Manly's ( $\beta$ ). Los resultados muestran que los tres instares larvales de las especies de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa* estudiadas consumieron los diferentes tamaños de ninfas de *D. citri* ofrecidos, aunque presentaron una tendencia por consumir ninfas pequeñas (instares I y II). Con excepción de *Ce. valida*, el tercer instar larval fue el más voraz en todas las especies de crisópidos evaluadas. Los resultados mostraron que ambos géneros de crisopas son muy voraces sobre ninfas de *D. citri*, lo que sustentan el potencial de las especies evaluadas para ser consideradas en programas de control biológico de este insecto plaga.

**Palabras clave:** *Chrysoperla*. *Ceraeochrysa*. Preferencia de presa. Psílido asiático de los cítricos. Control biológico.

**Abstract:** *Diaphorina citri*, the vector of *Candidatus Liberibacter* spp., is attacked in the American continent by diverse species of generalist predators that could be used in biological control programs; among them, green lacewings stand out because of their abundance and high frequency in citrus areas where *D. citri* occurs. In the present study, the preference in prey size by larvae of *Chrysoperla comanche*, *C. externa*, *C. rufilabris*, *Ceraeochrysa cincta*, *Ce. claveri* and *Ce. valida* (Neuroptera: Chrysopidae) was determined in choice and no-choice experiments. The number of nymphs consumed by each larval instar was registered during a 6-hour period; data was analyzed using ANOVA and Manly's preference index ( $\beta$ ). The results showed that species of *Chrysoperla* and *Ceraeochrysa* in their three larval instars consumed different sizes of *D. citri* nymphs, although they showed a tendency to consume small nymphs (I and II instars). The third larval instar of *Chrysoperla externa*, *C. rufilabris*, *C. comanche*, *Ceraeochrysa cincta*, and *Ce. claveri*, was the most voracious. The results showed that both genera of green lacewings voraciously consumed *D. citri* nymphs, thus showing the potential of this species to be considered for biological control programs of this insect.

**Key words:** *Chrysoperla*. *Ceraeochrysa*. Prey preference. Asian citrus psyllid. Biological control.

### Introducción

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae), es el principal vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., patógeno asociado a la enfermedad de los cítricos conocida como Huanglongbing (HLB) (Xu *et al.* 1990; Huang *et al.* 1990; Bové 2006; Batool *et al.* 2007). A nivel mundial, esta enfermedad es considerada como la más devastadora de este cultivo (De Graca 1991; Bové 2006; Gottwald 2010). *Ca. L. asiaticus* es el patógeno predominante en el continente americano (Bassanezi *et al.* 2011); su presencia en la citricultura mexicana fue confirmada en julio de 2009 (SENASICA 2012), cinco años después de haberse detectado se encuentra distribuido en más de la mitad de las zonas cítricas del país (SENASICA 2014). En México, *D. citri* es el único vector reconocido de esta bacteria (SENASICA 2012) y su manejo se realiza mediante un esquema regional que integra tanto el control químico, cultural y biológico (Flores *et al.* 2010). Este último se realiza

por medio de la liberación masiva del parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (1922) (Hymenoptera: Eulophidae) (Vizcarra-Valdez *et al.* 2013) en áreas urbanas, huertos orgánicos, y en lugares de difícil acceso para realizar aplicación de insecticidas (Sánchez *et al.* 2011). López-Arroyo *et al.* (2008) y Cortez-Mondaca *et al.* (2011) han señalado la presencia de numerosos depredadores que atacan a *D. citri* en plantaciones de cítricos, entre los que sobresalen algunas especies de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae).

Las larvas de crisópidos son utilizadas en el control biológico de diversas plagas en campos e invernaderos de diferentes regiones del mundo (Tauber *et al.* 2000; New 2001; Huang y Enkergeardn 2010). Especies como *C. rufilabris* y *Ce. valida* presentan tolerancia a insecticidas (Hurej y Dutcher 1994; Michaud 2004; Gonzáles 2014), así mismo se ha registrado una alta capacidad de depredación sobre *D. citri* en laboratorio y campo (Cortez-Mondaca *et al.* 2011; Pacheco-Rueda *et al.* 2012), lo cual es una característica de interés como potenciales agentes de control biológico contra el psílido

<sup>1</sup> Posgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, M. C., Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup> [atta\\_mexicana@yahoo.com.mx](mailto:atta_mexicana@yahoo.com.mx). <sup>3</sup> [jrlomelif@colpos.mx](mailto:jrlomelif@colpos.mx) Autor para correspondencia. <sup>4</sup> Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP), Ph. D. Campo Experimental General Terán Montemorelos-China km. 31, 67400 Nuevo León, México, [jila64@yahoo.com](mailto:jila64@yahoo.com). <sup>5</sup> [hector.agave@hotmail.com](mailto:hector.agave@hotmail.com). <sup>6</sup> [jnapoles@colpos.mx](mailto:jnapoles@colpos.mx). <sup>7</sup> [teresa.santillan.galicia@gmail.com](mailto:teresa.santillan.galicia@gmail.com). <sup>8</sup> [sjavier@colpos.mx](mailto:sjavier@colpos.mx).

asiático de los cítricos. Para proporcionar mayor sustento experimental en el presente estudio se exploró la preferencia de presa en las especies *Chrysoperla comanche* (Banks, 1938), *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861), *C. rufilabris* (Burmeister, 1839), *Ceraeochrysa cincta* (Schneider, 1851), *Ce. claveri* (Navas, 1911) y *Ce. valida* (Banks, 1895) sobre los distintos instares ninfales de *D. citri*.

### Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron de mayo de 2012 a mayo de 2013 en el Departamento de Entomófagos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), SENASICA, SAGARPA, ubicado en Tecmán, Colima, México. Las crías de los depredadores y las unidades experimentales se mantuvieron en condiciones controladas ( $25 \pm 2$  °C con 60-70% de HR y un fotoperiodo de 16:8 h (L:O)).

**Obtención del depredador y la presa.** Las evaluaciones de crisópidos incluyeron las seis especies encontradas con mayor frecuencia en cítricos de México: *Chrysoperla externa*, *C. rufilabris*, *C. comanche*, *Ceraeochrysa cincta*, *Ce. claveri* y *Ce. valida*. La cría de las primeras cuatro especies se inició con especímenes provenientes de colonias establecidas en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental, General Terán, Nuevo León; mientras que el material parental de *Ce. valida* se proporcionó por el laboratorio de entomófagos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), de un pie de cría establecido desde 2011; finalmente la cría de *Ce. claveri* se inició en abril del 2013 con individuos colectado en huertos de limón mexicano, en Tecmán, Colima.

Los adultos de crisopas se criaron en cilindros de PVC (25 cm de alto y 12 cm de diámetro), siguiendo la metodología de Alexander *et al.* (2001), con una dieta artificial basada en la fórmula de Hassan y Hagen (1978) y una fuente de agua provista por una esponja húmeda. Para facilitar la cría y evitar canibalismo entre larvas, los huevos depositados en los cilindros se colocaron individualmente en celdas plásticas (1 cm<sup>3</sup> por celda) en rejillas de 100 celdas c/u, estas se cubrieron y pegaron con tela organdí. La dieta larval consistió exclusivamente de huevo refrigerados de *Sitotroga cerealella* (Oliver, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) proporcionados cada tercer día sobre la tela que cubría la rejilla. Las ninfas de *D. citri* utilizadas en los experimentos, se obtuvieron de una cría establecida desde 2009 en condiciones de invernadero dentro de las instalaciones del CNRCB sobre plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack. (Sapindales: Rutaceae) sin aplicaciones de insecticidas. El proceso de producción de la plaga se describe en Sánchez-González y Arredondo-Bernal (2011).

**Condiciones generales de los experimentos.** La unidad experimental (= arena) consistió en una caja Petri de plástico de 4 cm de diámetro con tres perforaciones laterales de 0,5 cm, cubiertas con tela organdí para permitir la ventilación. En el interior de la caja Petri se colocó un disco de papel filtro humedecido, sobre el cual se dispuso un disco de 4 cm de diámetro de hoja de limón persa, *Citrus aurantifolia* (Christm) (Sapindales: Rutaceae). Dicho material foliar provino de árboles de cítricos libres de aplicación de insecticidas. Dentro de esta arena se colocaron ninfas de *D.*

*citri*, cuya cantidad dependió del tratamiento a evaluar. La arena se complementó con una larva de crisopa de 24 a 48 h de edad (el instar dependió del tratamiento a evaluar) y con ayuno por 6 h antes de iniciar el experimento; se estableció este tiempo de ayuno considerando los resultados de pruebas preliminares, que mostraban que era suficiente para que las especies evaluadas nuevamente mostraran apetencia por las presas ofrecidas. La presa se proporcionó solo una vez, por lo que no existió reemplazo de alimento. Los experimentos se realizaron en dos bloques, en el primero se trabajaron las especies de *Chrysoperla* y en el segundo las de *Ceraeochrysa*. Debido a esto, las comparaciones estadísticas se realizaron sólo entre especies del mismo género. El criterio de consumo para todos los experimentos consistió en que los organismos presa (ninfas de *D. citri*) presentaran signos evidentes de depredación (cuerpo de la ninfa colapsado y generalmente en forma de "V").

**Experimento de no opción.** El diseño experimental fue completamente al azar, se incluyó nueve tratamientos (ver Tabla 1 para *Chrysoperla* y Tabla 3 para *Ceraeochrysa*) con 10 repeticiones. Cada tratamiento consistió de las combinaciones de una larva del depredador y un tamaño de presa, dichos tamaños se establecieron con base al estado de desarrollo del insecto: a) ninfas pequeñas (instares I y II), b) ninfas medianas (instares III y IV) y c) ninfas grandes (instar V). Adicionalmente, se estableció un testigo de cada tamaño de presa excluyendo al depredador para descartar mortalidad debido a manipulación. En cada unidad experimental, se colocaron 90 ninfas de *D. citri* con un pincel de cerdas finas sobre la superficie del disco de hojas de cítrico. Se consideraron 15 minutos para su establecimiento sobre la superficie del disco; posteriormente, se introdujo la larva de crisopa en cada caja Petri. Los organismos se mantuvieron en condiciones controladas, luego se retiraron los crisópidos para poder contabilizar las presas depredadas.

**Experimento de opción.** Se utilizó un diseño completamente al azar con nueve tratamientos que resultaron de las combinaciones de los tres instares larvales con las tres especies de crisopas por género. La preferencia de presa (índice de Manly's) de cada instar larval de crisopa se evaluó con todos los instares ninfales de *D. citri* ofrecidos simultáneamente en la misma arena. Para ello, en cada unidad experimental se colocaron 18 individuos de cada instar ninfa (90 individuos totales), posteriormente se permitió por 15 min que las ninfas se establecieran sobre la superficie del disco de cítrico. En seguida se introdujo una larva del depredador de primer, segundo o tercer instar; adicionalmente, se estableció un grupo testigo que consistió en 18 ninfas de cada instar de *D. citri* sin el depredador. Tanto el tratamiento como su testigo contaron con 10 repeticiones. Los organismos se introdujeron en una cámara bioclimática, después se retiraron las crisopas para poder contabilizar las presas depredadas.

**Análisis estadístico.** En el experimento de no opción, el análisis de datos de consumo se realizó mediante el programa estadístico SAS versión 9,0 (SAS Institute 2004). Los residuales del modelo estimado se utilizaron para comprobar los supuestos de normalidad, posteriormente se realizó una transformación arcoseno de los porcentajes de consumo para cumplir con los supuestos del modelo. El consumo total de presas por cada instar larval se analizó mediante un ANOVA;

**Tabla 1.** Consumo de larvas de *Chrysoperla* sobre tres tamaños de presas de *Diaphorina citri* en condiciones controladas (25 ± 2 °C con 60-70% de HR, fotoperiodo de 16:8 h (L:O)).

Tamaño de presa	Larvas	Ninfas depredadas (Media ± E.E.)			F; P
		<i>C. rufilabris</i>	<i>C. externa</i>	<i>C. comanche</i>	
Pequeñas (Ninfa I y II)	L1	75,8 ± 1,6 bB	83,7 ± 0,6 abA	71,4 ± 2,3b B	F = 13,73 P < 0,0001
	L2	79,4 ± 1,5 abA	82,8 ± 1,0 abA	68,0 ± 2,8 bB	F = 16,13 P < 0,0001
	L3	84,7 ± 0,93 aB	88,7 ± 0,3 aA	85,8 ± 0,6a B	F = 9,62 P < 0,0007
Medianas (Ninfa III y IV)	L1	52,6 ± 2,3 dB	63,6 ± 1,7 eA	55,1 ± 2,3cB	F = 7,03 P < 0,0001
	L2	63,4 ± 2,4 cA	70,5 ± 1,8 deA	43,8 ± 3,5 dB	F = 27,46 P < 0,0001
	L3	75,5 ± 1,8 bA	80,9 ± 1,7 bcA	77,4 ± 1,6abA	F = 2,57 P < 0,0955
Grandes (Ninfa V)	L1	38,2 ± 1,9 eA	35,7 ± 1,6 gA	28,3 ± 2,0 eB	F = 7,65 P < 0,0023
	L2	49,4 ± 2,2 dAB	53,9 ± 2,6 fA	41,4 ± 3,1 dB	F = 5,46 P < 0,0102
	L3	73,5 ± 2,1 bA	75,3 ± 1,3 cdA	70,6 ± 2,4 bA	F = 1,35 P > 0,2769
		F = 67,18 P < 0,0001	F = 115,33 P < 0,0001	F = 61,14 P < 0,0001	

Valores dentro de la misma columna seguida por letras minúscula iguales no son significativamente diferentes entre especie. Valores dentro de la misma fila seguidos por letras mayúscula iguales no son significativamente diferentes entre especies (Tukey con α = 0,05).

seguida de una prueba de comparación de medias de Tukey (α = 0,05).

El análisis estadístico del experimento de opción, se realizó mediante el programa estadístico SAS versión 9,0 (SAS Institute 2004). La preferencia de presa se analizó a través del cálculo del índice de preferencia de Manly (β), con la ecuación propuesta por Huang y Enkegaard (2010):

$$\beta_1 = \frac{\text{Log}(e_1/A_1)}{\text{Log}(e_1/A_1) + \text{Log}(e_2/A_2) + \text{Log}(e_3/A_3) + \text{Log}(e_4/A_4) + \text{Log}(e_5/A_5)}$$

Donde,

β<sub>1</sub> = preferencia de presa de tipo 1, e<sub>1</sub> a e<sub>5</sub> = número de presas restantes de Tipo 1 al Tipo 5 del tratamiento. A<sub>1</sub> a A<sub>5</sub> = número de presas ofrecidas

de Tipo 1 al Tipo 5, el cual correspondía a los cinco instares ninfales de *D. citri*.

Se realizó una prueba individual no paramétrica de signo, para cada índice, donde la prueba de hipótesis fue; Ho: β < 0,20, indica que no hay preferencia de presa entre los instares ninfales de *D. citri* y Ha: β ≥ 0,20, este indica que existe preferencia (α = 0,05).

**Resultados**

**Preferencia de presa en *Chrysoperla*.** Los tres instares larvales de las especies de *Chrysoperla* evaluadas se alimentaron de todos los tamaños de ninfas de *D. citri* ofrecidos (P < 0,001). Los resultados de la prueba de no opción mostraron

**Tabla 2.** Preferencia en el consumo de presa de acuerdo con el índice de Manly (β) para tres especies de *Chrysoperla* sobre los cinco instares ninfales del psílido asiático de los cítricos.

Larvas	Ninfas	Índice de preferencia de Manly (Media ± E.E.)		
		<i>C. rufilabris</i>	<i>C. externa</i>	<i>C. comanche</i>
L1	I	0,35 ± 0,03*	0,35 ± 0,03*	0,42 ± 0,06*
	II	0,34 ± 0,02*	0,32 ± 0,03*	0,26 ± 0,06*
	III	0,16 ± 0,04	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,04
	IV	0,10 ± 0,02	0,11 ± 0,02	0,10 ± 0,01
	V	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,007	0,05 ± 0,02
L2	I	0,36 ± 0,05*	0,38 ± 0,06*	0,33 ± 0,06*
	II	0,29 ± 0,04*	0,27 ± 0,06*	0,20 ± 0,05*
	III	0,14 ± 0,04	0,20 ± 0,01*	0,16 ± 0,03
	IV	0,12 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,16 ± 0,05
	V	0,07 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,13 ± 0,06
L3	I	0,30 ± 0,05*	0,25 ± 0,03*	0,29 ± 0,04*
	II	0,26 ± 0,03*	0,24 ± 0,01*	0,21 ± 0,03*
	III	0,16 ± 0,06	0,18 ± 0,04	0,14 ± 0,03
	IV	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,16 ± 0,05
	V	0,13 ± 0,03	0,17 ± 0,04	0,19 ± 0,06

Medias de los índices con asterisco denotan preferencia significativa (α = 0,05), con la prueba no paramétrica del signo. Ho: β < 0,20, el cual indica que no hay preferencia de presa; y Ha: β ≥ 0,20, el cual indica que hay preferencia.

**Tabla 3.** Consumo de tres especies de larvas de *Ceraeochrysa* sobre tres tamaños de presas de *Diaphorina citri* en condiciones controladas ( $25 \pm 2$  °C con 60-70% de HR y un fotoperiodo de 16:8 h (L:O)).

Tamaño de presa	Larvas	Ninfas depredadas (Media $\pm$ E.E.)			
		<i>Ce. valida</i>	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. claveri</i>	
Pequeño (Ninfa I y II)	L1	78,7 $\pm$ 1,7a B	86,1 $\pm$ 1,5 abA	79,3 $\pm$ 1,8bB	F = 5,53 P < 0,0097
	L2	81,5 $\pm$ 0,8 aA	85,2 $\pm$ 1,6 abA	81,8 $\pm$ 2,1 abA	F = 1,53 P > 0,2340
	L3	81,2 $\pm$ 1,4 aB	87,9 $\pm$ 0,9aA	88,2 $\pm$ 0,4 aA	F = 14,78 P < 0,000
Mediano (Ninfa III y IV)	L1	58,9 $\pm$ 2,0 bcA	48,3 $\pm$ 3,2 deB	44,6 $\pm$ 1,8 dB	F = 8,99 P < 0,0010
	L2	55,7 $\pm$ 1,0 cA	53,3 $\pm$ 2,6 dA	55,8 $\pm$ 2,4 cA	F = 0,42 P > 0,6608
	L3	67,3 $\pm$ 1,5 bB	70,6 $\pm$ 4,1cAB	78,4 $\pm$ 1,6 bA	F = 4,41 P < 0,0220
Grande (Ninfa V)	L1	42,5 $\pm$ 2,8 dA	40,2 $\pm$ 4,0 eA	38,1 $\pm$ 2,3 dA	F = 0,49 P > 0,6204
	L2	45,8 $\pm$ 1,4 dB	46,9 $\pm$ 2,5 deAB	53,8 $\pm$ 2,1 cA	F = 4,30 P < 0,0239
	L3	39,0 $\pm$ 2,7 dB	73,8 $\pm$ 2,3 bcA	76,0 $\pm$ 1,5 bA	F = 83,23 P < 0,000
		F = 80,63 P < 0,0001	F = 46,1 P < 0,0001	F = 90,7 P < 0,0001	

Valores dentro de la misma columna seguida por letras minúscula iguales no son significativamente diferentes por especie. Valores dentro de la misma fila seguidos por letras mayúscula iguales no son significativamente diferentes entre especies; Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

que en la mayoría de las combinaciones existió diferencias significativas, en el número de presas consumidas, donde *C. externa*, con frecuencia, presentó valores superiores a las otras dos especies. El tercer instar larval, en todas las especies depredadoras, fue la más voraz en consumir ninfas de tamaño mediano y grande de *D. citri*. La cantidad de presas pequeñas consumidas en casi todas las especies de *Chrysoperla* fue mayor conforme se incrementó el estado de desarrollo de la larva; excepto en *C. externa* donde no se detectó diferencias significativas en el consumo por tamaños de larvas (Tabla 1). Las larvas de primer instar depredaron menos de 71% de las 90 presas ofrecidas en 6 h, mientras que las del tercer instar consumieron más de 86% de las presas ofrecidas.

El consumo de presas medianas presentó diferencias, registrándose que el tercer instar larval de las especies de *Chrysoperla*, depredaron la mayor cantidad de presas ( $\geq$  a 75 ninfas), lo cual no difirió entre las tres especies ( $P = 0,01$ ).

En presencia de ninfas grandes, la diferencia en consumo fue notoria entre los diferentes instares larvales; las larvas del tercer instar consumieron más de 80% de las presas ofrecidas, lo que contrasta con el consumo de las larvas del primer instar que fuera el 42% del total de estas presas ofrecidas.

**Índice de preferencia de presa en *Chrysoperla*.** Las larvas de las especies de *Chrysoperla* estudiadas presentaron diferencias significativas en la preferencia de presa ( $P < 0,0001$ )

**Tabla 4.** Preferencia en el consumo de presa de acuerdo con el de índice de Manly ( $\beta$ ) para tres especies de *Ceraeochrysa* sobre los cinco instares ninfales del psílido asiático de los cítricos.

Larvas	Ninfas	Índice de preferencia de Manly (Media $\pm$ E.E.)		
		<i>Ce. valida</i>	<i>Ce. cincta</i>	<i>Ce. claveri</i>
L1	NI	0,37 $\pm$ 0,00*	0,34 $\pm$ 0,05*	0,47 $\pm$ 0,03*
	NII	0,33 $\pm$ 0,04*	0,31 $\pm$ 0,04*	0,23 $\pm$ 0,02*
	NIII	0,16 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,06*	0,19 $\pm$ 0,03
	NIV	0,11 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,04	0,09 $\pm$ 0,04
	NV	0,03 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,01
L2	NI	0,33 $\pm$ 0,05*	0,35 $\pm$ 0,05*	0,37 $\pm$ 0,02*
	NII	0,29 $\pm$ 0,05*	0,27 $\pm$ 0,03*	0,24 $\pm$ 0,02*
	NIII	0,19 $\pm$ 0,04	0,17 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,03
	NIV	0,10 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,06	0,11 $\pm$ 0,03
	NV	0,07 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,03
L3	NI	0,34 $\pm$ 0,02*	0,21 $\pm$ 0,01*	0,32 $\pm$ 0,08*
	NII	0,25 $\pm$ 0,06*	0,17 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,03*
	NIII	0,17 $\pm$ 0,04	0,19 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,04
	NIV	0,11 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,03
	NV	0,14 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,01*	0,18 $\pm$ 0,04

Medias de los índices con asterisco denotan preferencia significativa ( $\alpha = 0,05$ ), con la prueba no paramétrica del signo. Ho:  $\beta < 0,20$ , el cual indica que no hay preferencia de presa; Ha:  $\beta \geq 0,20$ , el cual indica que hay preferencia.

con base en el índice de Manly ( $\beta$ ). Las larvas de las tres especies prefirieron alimentarse de ninfas I y II de *D. citri*. El índice de preferencia presentó un valor más equilibrado en el tercer instar larval que osciló entre 0,13 a 0,30; mientras que en el primer instar larval varió entre 0,02 a 0,42, y el segundo instar larval fue de 0,03 a 0,38 (Tabla 2). Las larvas de *C. rufilabris* prefirieron alimentarse de ninfas pequeñas, mientras que en *C. externa*, se registró una preferencia general por ninfas I y II, la larva del segundo instar también mostró una preferencia hacia ninfa III.

**Preferencia de presa en *Ceraeochrysa*.** Los instares larvales de las especies de *Ceraeochrysa* presentaron diferencias en el consumo de ninfas de *D. citri* solo de las medianas y grandes ( $P < 0,001$ ) (Tabla 3). También se observó que el instar larval dos, en las tres especies, consumió por igual las ninfas de todos los tamaños. En *Ce. cincta* y *Ce. claveri* el tercer instar larval fue el más voraz en las pruebas de no opción al ofrecerles ninfas pequeñas (consumo  $> 82\%$ ) y grandes ( $72\%$ ). Las larvas del primero y tercer instar de *Ce. valida* consumieron prácticamente el mismo número de ninfas pequeñas ( $> 87\%$ ), medianas ( $> 65\%$ ) y grandes ( $> 43\%$ ). Al comparar el consumo de presas de tamaño similares dentro del mismo instar larval del depredador, se destaca que *Ce. valida* fue la especie que presentó los consumos más bajos de presas; incluso en presencia de presas grandes la larva tres de *Ce. valida* depredó 50% menos que las otras especies.

**Índice de preferencia de presa en *Ceraeochrysa*.** En las pruebas de opción de presa, el consumo de ninfas de *D. citri* por instar fue diferente entre las especies de *Ceraeochrysa* ( $P < 0,001$ ). Los diferentes instares larvales de las tres especies del depredador presentaron una tendencia a depredar las ninfas I y II. El tercer instar larval de todas las especies registró variaciones en el consumo de presas; por ejemplo, en *Ce. cincta* presentó un índice de 0,21 en ninfas I y V, y la menor preferencia se registró en ninfa II (0,17). En *Ce. valida* se determinó un índice de preferencia de 0,11 sobre la presa menos preferida (ninfa IV) y 0,34 en la más preferida (ninfa I); en cambio, *Ce. claveri* fue de 0,15 sobre la presa menos preferida (ninfas III y IV) y 0,34 en la más preferida (ninfa I). Por otro lado, las variaciones de los índices de preferencia fueron más marcadas en las larvas del primer instar de las tres especies, en donde *Ce. valida* registró un índice de preferencia de 0,03, en comparación con el valor triplicado de *Ce. claveri* (0,09), ambas en ninfas V (Tabla 4).

## Discusión

Las especies de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa* fueron capaces de alimentarse de todos los tamaños de ninfas de *D. citri* ofrecidas; sin embargo, ambos géneros presentaron diferencia significativa entre los niveles en depredación de los instares ninfales de *D. citri*, aunque mostraron una respuesta similar respecto a su preferencia hacia presas pequeñas del psílido (ninfas I y II). El consumo de presas pequeñas aumentó gradualmente conforme incrementó el tamaño del depredador, registrando que el tercer instar larval consumió más de 70 ninfas en las 6 h que duró el experimento, lo cual entra en los rangos indicados para otros crisópidos, donde también se menciona que éste instar se alimenta vorazmente (Principi y Canard 1984; Chen y Lin 2001). *C. externa* fue la especie más voraz en sus tres estados larvales; la preferencia por nin-

fas pequeñas de *D. citri*, podría explicarse por la facilidad de manipulación, lo que reduce el tiempo de consumo (Cortez *et al.* 2011; Milonas *et al.* 2011), y se relaciona con el nivel de saciedad del depredador (Albuquerque *et al.* 2012). Los resultados del presente estudio son similares a los encontrados en *C. externa* con ninfas de *Cinara pinivora* (Wilson, 1919) y *Cinara atlantica* (Wilson, 1919) (Hemiptera: Aphididae) (Cardoso y Lazzari 2003). Otras especies como *Chrysoperla carnea* son consideradas muy voraces al consumir el primer instar ninfal de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae) (Khan *et al.* 2012).

Por otro lado, las ninfas grandes (IV y V) de *D. citri* resultaron menos preferidas por las larvas del primero y segundo instar de cualquiera de las especies de crisópidos. En cambio, el tercer instar presentó una distribución más uniforme en la selección de presas al ofrecerles todos los estados de desarrollo de *D. citri*; los resultados del presente estudio señalaron que *Ce. cincta*, *Ce. claveri* y *C. comanche* mostraron una tendencia en depredar ninfas grandes. Tal vez estas especies prefieren estos tamaños de ninfas de *D. citri* porque podrían saciarse más rápidamente con un menor número de especímenes (Albuquerque *et al.* 2012) y evitar así exponerse a enemigos naturales al reducir su tiempo de búsqueda, manipuleo y consumo de presas. De este grupo de especies, quizás las larvas de *Ceraeochrysa* prefirieron ninfas grandes porque podrían utilizar sus restos para completar los paquetes de basura que integran el escudo o protección que las caracteriza (Tauber *et al.* 2014). Otras explicaciones sobre la selección de tamaño de presa se relacionan con su morfología (Dixon 2000) y la capacidad de depredación para reconocer a la presa (Reddy 2002), la cual puede estar medida por los volátiles de la presa, la planta o ambas (Dixon 2000; Reddy 2002; Mendel *et al.* 2004). De acuerdo con Sherestha y Enkeggard (2013) la preferencia de presa puede atribuirse, en primer lugar, a que el depredador aminore su hambre, alimentándose de manera indistinta para satisfacer esta necesidad inmediata, y posteriormente realizará una selección por tamaños de la presa hasta alcanzar un cierto nivel de saciedad. La aceptación de una presa no implica necesariamente que ésta es la más adecuada para el depredador, y pueda afectar en su desarrollo biológico (Lucas 1997).

En este estudio se observó que la larva del tercer instar de *Ce. valida* consumió menor cantidad de ninfas grandes, incluso casi 50% menos que en las otras especies alimentadas con la misma dieta; sin embargo, trabajos en respuesta funcional (Pacheco-Rueda *et al.* 2013, datos no publicados) sugieren que el tercer instar larval de esta especie es tan voraz al depredar ninfas de *D. citri* como las demás especies de *Ceraeochrysa* estudiadas, por lo que la diferencia pudo deberse a otros factores no medidos en este estudio.

Considerando que las especies evaluadas se alimentaron de todos los instares ninfales de *D. citri* da una clara idea de su potencial para incluirlas en un programa de control biológico de *D. citri*. Las especies *C. externa*, *Ce. claveri* y *Ce. cincta* demostraron mayor voracidad en todos sus instares larvales, aunado a esto se sabe que su distribución y diversidad de hábitat en México es superior que otros crisópidos (Valencia *et al.* 2006; Ramírez 2007); aunque debe considerarse que otras especies como *C. rufilabris* pudieran ser útiles en condiciones particularmente de alta humedad, o en el caso de *C. comanche* utilizadas en ambientes secos (Rice *et al.* 2001). Por el contrario, *Ce. valida*, aunque se reporta con frecuencia en los

cítricos, en el presente estudio, mostró un tiempo de manipuleo superior al resto de las especies estudiadas.

La presencia de *D. citri* y su función como vector de uno de los patógenos más nocivos en la citricultura de Las Américas, demanda contar con alternativas al uso intensivo de insecticidas utilizadas para su control (Dahiya *et al.* 1994). El uso de crisópidos en un programa de control biológico de este insecto podría considerarse para complementar la acción de *T. radiata*, ectoparasitoide específico de ninfas, utilizado en programas de control biológico de *D. citri* en México, ya que esta avispa sólo parasita a los tres últimos instares ninfales de *D. citri* (Sánchez *et al.* 2011); en cambio, el presente estudio mostró que las larvas de crisopas son por lo general más voraces sobre los primeros instares del mismo insecto, por lo que es posible un efecto sinérgico o al menos una coexistencia entre estos dos grupos de enemigos naturales de *D. citri* en el agroecosistemas de cítricos. Para sustentar esto, es necesario evaluar estas especies bajo diferentes condiciones agroecológicas así como la interacción de algunas de las especies de crisópidos con otros organismos como parasitoides y hormigas en programas de liberaciones intercaladas según la disponibilidad del estado ninfal de *D. citri* susceptible o efectuar en laboratorio y/o invernadero estudios de interferencia entre ambos tipos de enemigos.

### Conclusiones

Las especies de Chrysopidae evaluadas presentaron capacidad para alimentarse de todos los instares ninfales de *D. citri*, y se observó que ambos géneros prefieren depredar presas pequeñas (ninfas I y II). Se encontró que *Ce. cincta*, *Ce. claveri* y *C. comanche* mostraron una tendencia en depredar ninfas grandes y junto con *C. externa* podrían ser candidatos para ser utilizados en programas de control biológico contra esta plaga.

### Agradecimientos

Este estudio forma parte del proyecto 1106033A, Manejo de la enfermedad Huanglongbing (HLB) mediante el control de poblaciones del vector *Diaphorina citri*, el psílido asiático de los cítricos. Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al primer autor; al personal del Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en General Terán, Nuevo León, por el material de crisopas proporcionadas para el trabajo de investigación; al Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB, DGSV, SENASICA, SAGARPA) en Tecmán, Colima, que por medio del M.C. Hugo C. Arredondo Bernal y al Ing. Jorge Sánchez, fue posible usar las instalaciones para realizar los experimentos y por el material proporcionado de *D. citri*.

### Literatura citada

- ALEXANDER, M. A.; TOSCANO, L. C.; BOICA, J. AL.; DE FREITAS, S. 2001. Aspectos biológicos de los estadios inmaduros de *Chrysoperla externa* (Hagen) e *Ceraeochrysa cincta* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentados con ovos e ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* 30 (3): 429-432.
- ALBUQUERQUE, S. G.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. 2012. Green Lacewing (Neuroptera: Chrysopidae): Predatory lifestyle. pp. 594-630. In: Panizzi, R. A.; Parra, J. R. P. 2012. *Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; GODOY, G. M. C.; FILHO, A. B.; AMORIN, L. 2011. Yield loss caused by Huanglongbing in different sweet orange cultivars in Sao Paulo, Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 130: 577-586.
- BATOOL, A.; IFTIKHAR, Y.; MUGHAL, S. M.; KHAN, M. M.; JASKANI, M. J. 2007. Citrus greening disease—a major cause of citrus decline in the world— a review. *Horticulturae Science (Praga)* 34 (4): 159-166.
- BOVÉ, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88 (1): 7-37.
- CARDOSO, T. J.; LAZZANI, S. M. N. 2003. Development and consumption capacity of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera, Chrysopidae) fed with *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae) under three temperatures. *Revista Brasileira de Zoologia* 20 (4): 573-576.
- CORTEZ-MONDACA, E.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; RODRÍGUEZ, L.; PARTIDA, M. P.; PÉREZ, M. J.; GONZÁLEZ, V. M. 2011. Capacidad de depredación de especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama en los cítricos de Sinaloa, México, pp. 323-333. En: 2º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 5 y 6 de diciembre de 2011.
- CHEN, T. Y.; LIU, T. X. 2001. Relative consumption of three aphid species by the lacewing, *Chrysoperla rufilabris*, and effects on its development and survival. *BioControl—Journal of the International Organization for Biological Control* 46:481-491.
- DAHIYA, K. K.; LAKRA, K. R.; DAHIYA, S. A.; SINGH, P. S. 1994. Bioefficacy of some insecticides against citrus psylla. *Diaphorina citri*. *Crop Research* 8: 137-140.
- DE GRACA, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annual Review Phytopathology* 29: 109-136.
- DIXON, A. F. G. 2000. *Insect predator-prey dynamics ladybirds beetle and biological control*. Londres, Cambridge University Press, 257 p.
- FLORES-SÁNCHEZ, J. L.; MORA-AGUILAR, G.; LOEZA-KUK, E.; ACEVEDO-SÁNCHEZ, G.; DÍAZ-PADILLA, G.; RUIZ-GARCÍA, N.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; RIVAS-VALENCIA, P.; NOVELO-COCÓN, A.; LÓPEZ-SÁNCHEZ, P.; SÁNCHEZ-REBOLLEDO, F. 2010. Análisis Estructural de Focos y Gradientes de Dispersión del Huanglongbing (HLB) de los cítricos, en la Península de Yucatán, pp. 104-118. En: memorias del 1er. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, Nuevo León, 8 y 9 de diciembre de 2010.
- GOTTWALD, T. R. 2010. Current Epidemiological Understanding of Citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology* 48: 119-139.
- GONZÁLEZ-CARRILLO, J. A. 2014. Toxicidad de insecticidas sobre tres especies de depredadores de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviididae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Estado de México, México. 52 p.
- HASSAN, S. A.; HAGEN, K. S. 1978. A new artificial diet for rearing *Chrysoperla carnea* larvae (Neuroptera: Chrysopidae). *Z. Angewandte Entomologie* 86: 315-320.
- HUANG, N.; ENKERGAARD, A. 2010. Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. *BioControl Journal of the International Organization for Biological Control* 55 (3): 379-385.
- HUANG, C. H.; LIAW, C. F.; CHANG, L.; LAN, T. 1990. Incidence and spread of citrus likubin in relation to the population fluctuation of *Diaphorina citri*. *Plant Protection Bulletin (Taiwan, ROC)* 32: 167-176.
- HUREJ, M.; DUTCHER, D. 1994. Indirect effect of insecticides used in pecan orchards to larvae of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Entomological Science* 29: 450-456.

- KHAN, A. H. A.; SAYYED, A. H.; AKRAM, W.; RAZA, S.; ALI, M. 2012. Predatory potential of *Chrysoperla carnea* and *Cryptolaemus montrouzieri* larvae on different stages of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis*: A threat to cotton in South Asia. *Journal of Insect Science* 12 (147): 1-12.
- LÓPEZ-ARROYO, J. I.; JASSO, J.; REYES, M. A.; LOERAGALLARDO, J.; CORTEZ-MONDACA, E.; MIRANDA, M. A. 2008. Perspectives for biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Mexico. p. 289. Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida.
- LUCAS, E.; CODERRE, D.; VINCENT, C. 1997. Voracity and feeding preferences of two aphidophagous coccinellids on *Aphis citricola* and *Tetranychus urticae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85: 151-159.
- MENDEL, Z.; ASSAEL, F.; DUNKELBLUM, E. 2004. Kairomonal attraction of predatory bugs (Heteroptera: Anthocoridae) and brown lacewings (Neuroptera: Hemerobiidae) to sex pheromones of *Matsucoccus species* (Hemiptera: Matsucoccidae). *Biological Control* 30: 134-140.
- MICHAUD, J. P.; OLSEN, L. E. 2004. Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetle. *BioControl—Journal of the International Organization for Biological Control* 49: 417-431.
- MILONAS, G. P.; KONTODIMAS, D. CH.; MARTINI, A. F. 2011. A predator's functional response: influence of prey species and size. *Biological Control* 59: 141-146.
- NEW, T. R. 2001. Introduction to the Neuroptera: What are they and How do they operate?. pp. 3-5. In: McEwen, P. K.; New T. R.; Whittington A. E. (Eds.) *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press. 546 p.
- PACHECO-RUEDA I.; LOMELI-FLORES, J. R.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; SANTILLAN-GALICIA, M. T.; ROMERO-NAPOLES, J. 2013. Preferencia de presa de tres especies de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre inmaduros del psílido asiático de los cítricos. En: Memoria del XXVII Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Puebla, México.
- PRINCIPI, M. M.; CANARD, M. 1984. Feeding habits, pp. 76-92. In: Canard, M.; Sémeria, Y.; New, T.R. (Eds.). *Biology of Chrysopidae*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, the Netherlands. 293 p.
- REDDY, G. V. P. 2002. Plant volatiles mediate orientation and plant preference by the predator *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control* 25: 49-55.
- RICE, M. S. E.; CLOYD, A. R.; MAHR, L. D.; SADO, S. C. 2001. *Biological control of insects and other pests of greenhouse crops*. University of Wisconsin. North Central Regional. Publication 581. 102p.
- RAMÍREZ- DELGADO, M. 2007. Distribución, abundancia, diversidad y atributos bioecológicos de especies de Chrysopidae (Neuroptera) asociados a frutales del centro y norte de México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. 157 p.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. A.; SÁNCHEZ-BORJA, M.; ARREDONDO-BERNAL, H. C. 2011. Cría masiva, liberación y evaluación de campo de *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). En Memoria del II Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. 5 y 6 de diciembre, 2011. Edo. de México, Texcoco, México.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute Cary N. C. EE.UU.
- SENASICA. 2012. Detección de Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) en el Municipio de Tizimin Yucatán, México Dirección General de Sanidad Vegetal SAGARPA/SENASICA. Organización, Norteamericana de Protección a las plagas. Publicado: 07/08/2009. Disponible en: [www.pestalert.org](http://www.pestalert.org) [Fecha revisión: 24 abril 2014].
- SENASICA. 2014. Huanglongbing de los cítricos. Actualizado: 28/07/2014. Disponible en: [www.senasica.gob.mx](http://www.senasica.gob.mx) [Fecha revisión: 2 diciembre 2014].
- SHERESTHA, G.; ENKEGAARD, A. 2013. The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: Preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Insect Science* 13 (94): 1-10.
- TAUBER, M. J.; TAUBER, C. A.; DAANE, K. M.; HAGEN, K. S. 2000. Commercialization of predators: Recent lessons from green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). *American Entomologist* 46: 26-38.
- TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J.; ALBUQUERQUE, G. S. 2014. Debris-carrying in larval Chrysopidae: unraveling its evolutionary history. *Annals of the Entomological Society of America* 107 (2): 295-314.
- VALENCIA- LUNA, L. A.; ROMERO-NÁPOLES, J.; VALDEZ-CARRASCO, J.; CARRILLO- SÁNCHEZ, J. L.; LÓPEZ-MÁRTINEZ, V. 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22 (1): 17-61.
- VIZCARRA-VALDEZ, J. A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. L.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A.; ARREDONDO-BERNAL, H. C. 2013. Parámetros biológicos en el control de calidad en la producción masiva del parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). *Vedalia* 14 (1): 31-34.
- XU, C.; XIA, Y.; LI, K.; KE, C. 1990. Study on latent period of pathogen of citrus huanglongbing in citrus psylla, *Diaphorina citri*. *Acta Phytopathologica Sinica* 20 (1): 25-31.

Recibido: 14-ene-2015 • Aceptado: 23-oct-2015

Citación sugerida:

PACHECO-RUEDA, I.; LOMELI-FLORES, J. R.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; ROMERO-NAPOLES, J.; SANTILLÁN-GALICIA, M. T.; SÚAREZ-ESPINOSA, J. 2015. Preferencia de tamaño de presa en seis especies de Chrysopidae (Neuroptera) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Colombiana de Entomología* 41 (2): 187-193. Julio - Diciembre 2015. ISSN 0120-0488.