

Especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri* kuwayama en cítricos y capacidad de depredación en Sinaloa, México*

Chrysopidae species associated with *Diaphorina citri* Kuwayama in citrus and predation capacity of Sinaloa, Mexico

Edgardo Cortez-Mondaca¹, J. Isabel López-Arroyo², Luis Rodríguez-Ruiz³, Mara P. Partida-Valenzuela⁴ y Jesús Pérez-Márquez^{5§}

¹INIFAP-C. E. Valle del Fuerte, 1609. Carretera México-Nogales, km Juan José Ríos, Sinaloa, México. (cortez.edgardo@inifap.gob.mx). ²INIFAP-C. E. General Terán. General Terán, Nuevo León, México. (lopez.jose@inifap.gob.mx). ³Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo. Villa Díaz Ordaz, Sinaloa, México. (insectosbeneficiosjlvc@hotmail.com). ⁴Universidad Autónoma de Sinaloa- Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, km17.5, Sin, México. (mapaval_1411@hotmail.com). ⁵INIFAP-C. E. Valle de Culiacán. Carretera Culiacán-El Dorado, km 17.0, Culiacán, Sin., México. (marquez.jesus@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: marquez.jesus@inifap.gob.mx.

Resumen

Los objetivos del estudio fueron determinar especies de Chrysopidae asociadas al psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en huertas comerciales en el estado de Sinaloa, México, y evaluar la capacidad de depredación sobre huevo y ninfas de *D. citri*. Se identificaron cinco especies de Chrysopidae en huertas de naranja y limón mexicano en diferentes regiones del estado de Sinaloa; *Chrysoperla comanche* (Banks), *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), *Chrysoperla carnea* s. lat., *Ceraeochrysa valida* (Banks) y *Ceraeochrysa claveri* (Navás). *Ch. comanche* y *Ceraeochrysa valida* fueron las especies más abundantes ($p < 0.0004$); *Ch. comanche* y *Ch. rufilabris* mostraron mayor capacidad de depredación de estados inmaduros: huevos, ninfas chicas (ninfa 1 y ninfa 2) y ninfas grandes (ninfa 4 y ninfa 5) de *D. citri* durante las primeras seis horas de exposición de las presas al depredador. Sin embargo, en la última lectura de depredación, a las 24 h, todas las especies de crisopa presentaron un consumo prácticamente similar ($p > 0.05$), de alrededor de 100 especímenes por depredador. El consumo de huevo y ninfa chica fue mayor que el de ninfas grandes. Estos resultados sustentan el empleo de *Ch. comanche* para el control biológico de *D. citri* en el estado de Sinaloa.

Abstract

The study objectives were to determine species associated Chrysopidae Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama in commercial orchards in the state of Sinaloa, Mexico, and evaluate the ability of predation on eggs and nymphs of *D. citri*. Five species of Chrysopidae were identified in orange orchards and Mexican lime in different regions of the state of Sinaloa; *Chrysoperla comanche* (Banks), *Chrysoperla rufilabris* (Burmeister), *Chrysoperla carnea* s. lat., *Ceraeochrysa valida* (Banks) and *Ceraeochrysa Claveri* (Navas). *Ch. comanche* and *Ceraeochrysa valida* were the most abundant species ($p < 0.0004$); *Ch. comanche* and *Ch. rufilabris* and showed greater capacity for predation immature eggs, nymphs girls (nymph 1 and nymph 2) and large nymphs (nymph 4 and nymph 5) to *D. citri* during the first six hours of exposure prey to predator. However, in the last reading of predation, at 24 h, all species of lacewing consumption had almost similar ($p > 0.05$), about 100 specimens per predator. Egg consumption and nymph girl was greater than that of large nymphs. These results support the use of *Ch. comanche* for biological control of *D. citri* in the state of Sinaloa.

Keywords: *Chrysoperla comanche*, *Ch. rufilabris*, *Ch. carnea*, *Ceraeochrysa valida*, *C. Claveri*, biological control.

Palabras clave: *Chrysoperla comanche*, *Ch. rufilabris*, *Ch. carnea*, *Ceraeochrysa valida*, *C. claveri*, control biológico.

Introducción

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vector del Huanglongbing (HLB) causado por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., la peor enfermedad de los cítricos a escala mundial. En infestaciones fuertes el psílido puede matar los brotes vegetativos de las plantas en desarrollo o causar la abscisión de hojas (Michaud, 2004). Además, causa daños directos en el follaje de los árboles, con lo cual propicia la deformación de las hojas y afecta el potencial de rendimiento. El manejo del HLB debe basarse en la eliminación oportuna de árboles infectados, en el uso de plantas sanas certificadas provenientes de viveros protegidos y en el manejo de las poblaciones del vector *D. citri* (da Graca, 1991; Chiou, 1998; da Graca y Korsten, 2004; Bové, 2006; National Research Council, 2010).

En México, se ha impulsado el manejo integrado del insecto a través de la aplicación de un plan regional, dicho esquema contempla el control químico para reducir o eliminar poblaciones del vector y el control biológico mediante la liberación masiva del parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), considerado el principal enemigo natural de *D. citri* (Chien *et al.*, 2001; Etienne *et al.*, 2001; McFarland y Hoy, 2001; Aubert, 2008). En el país existen dos centros de reproducción del parasitoide y aunque mantienen una producción considerable del mismo, es insuficiente para satisfacer el requerimiento de las regiones citrícolas en donde se producen (Península de Yucatán y región limonera del Pacífico).

Por otra parte, existen numerosos depredadores que atacan poblaciones de *D. citri*. Por lo general los más abundantes son algunas especies de crisopas de los géneros *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa*, además de coccinélidos (Cortez-Mondaca *et al.*, 2010; López-Arroyo *et al.*, 2010) como la catarinita gris *Olla v-nigrum* (Mulsant), la cual muestra un elevado potencial para suprimir poblaciones de la plaga (Michaud, 2004). En México existe, al menos, un laboratorio de reproducción de insectos benéficos en cada entidad en la mayoría de los cuales se reproduce alguna especie de *Chrysoperla* (Bahena, 2008; SENASICA, 2011).

Introduction

The Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) vector Huanglongbing (HLB) caused by the bacterium *Candidatus Liberibacter* spp., the worst disease of citrus worldwide. In heavy infestations can kill the psyllid vegetative buds of growing plants or cause leaf abscission (Michaud, 2004). Also cause direct damage to the foliage, which facilitates the deformation of leaves and affects yield potential. The HLB management should be based on the timely removal of infected trees, use of healthy plants from certified nurseries and protected in the management of vector populations *D. citri* (da Graca, 1991; Chiou, 1998; da Graca y Korsten, 2004; Bové, 2006; National Research Council, 2010).

In Mexico, it has driven the integrated management of insect through the implementation of a regional plan, the scheme provides for chemical control to reduce or eliminate vector populations and biological control through massive release of parasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), considered the main natural enemy of *D. citri* (Chien *et al.*, 2001; Etienne *et al.*, 2001; McFarland and Hoy, 2001; Aubert, 2008). At home there are two breeding centers parasitoid and while maintaining a considerable production thereof is insufficient to meet the requirement of the citrus regions where they are produced (Yucatán's peninsula and region the Pacific's lemon).

Moreover, there are numerous predators attacking *D. citri* populations. Usually the most abundant are some species of lacewings *Chrysoperla* and *Ceraeochrysa* gender also coccinellid (Cortez-Mondaca *et al.*, 2010; Lopez-Arroyo *et al.*, 2010) as the gray ladybug *Olla v-nigrum* (Mulsant), which shows a high potential to suppress pest populations (Michaud, 2004). In Mexico there is at least one laboratory reproduction of beneficial insects in each entity in most of them playing some kind of *Chrysoperla* (Bahena, 2008, SENASICA, 2011).

This infrastructure and equipment can be utilized to reproduce some of the species associated with *D. citri* on citrus. This study was conducted in order to determine the species of Chrysopidae associated with the Asian citrus psyllid in commercial orchards, in the state of Sinaloa and evaluate the ability of predation in the stages of egg, girls nymphs and large Asian psyllid citrus.

Esta infraestructura y equipo pueden ser aprovechados para reproducir algunas de las especies asociadas a *D. citri* en cítricos. El presente estudio fue realizado con el objetivo de determinar las especies de Chrysopidae asociadas al psílido asiático de los cítricos en huertas comerciales, en el estado de Sinaloa y evaluar la capacidad de depredación en las etapas de huevo, ninfas chicas y grandes del psílido asiático de los cítricos.

Material y métodos

El estudio se realizó en dos etapas:

Etapa I. Recolección e identificación de las especies de Chrysopidae asociadas al psílido asiático de los cítricos en huertas comerciales. Se realizó en condiciones de campo mediante recolectas de adultos de crisopa y la reproducción de las especies obtenidas se realizó en el Laboratorio de Cría de Insectos Benéficos de La Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo, ubicado en Villa Díaz Ordaz, Sinaloa. Durante los meses de julio de 2010 a septiembre de 2011.

Se realizaron 12 recolectas de adultos de crisopa con red entomológica, en seis huertas comerciales de naranja *Citrus sinensis* Osbeck y limón mexicano *Citrus aurantifolia* Swingle ubicadas en el norte, en el municipio de Ahome; en el centro, en el municipio de Mocorito; al este, en el municipio de Sinaloa de Leyva; y en el sur, en el municipio de La Cruz de Elota, del estado de Sinaloa, en julio de 2010, marzo de 2011, agosto de 2011 y septiembre de 2011 (Cuadro 1). Los adultos de crisopa capturados por tres a cinco horas de golpes de red entomológica, en diferentes puntos de cada huerta de cítricos, en cada fecha de muestreo, se confinaron en jaulas y se transportaron al laboratorio de reproducción de insectos benéficos de La Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo, donde se les proporcionó alimento y se esperó a que se reprodujeran (F1), las larvas de tercer estadio fueron identificadas a especie con base a las claves taxonómicas de López-Arroyo *et al.* (2008) y Tauber y León (2001), utilizando un microscopio estereoscópico.

De 3 520 larvas obtenidas en la primera generación (F1), se identificaron al azar 550 larvas (15.6%), producto de las capturas de julio de 2010; 300 larvas de 653 (45.9%), 300 larvas de 387 (77.5%) y 604 larvas de 1 573 (38.4%), de cada una de las tres capturas en marzo de 2011; 233 larvas

Materials and methods

The study was conducted in two stages:

Stage I. Collection and identification of species associated Chrysopidae Asian citrus psyllid in commercial orchards. It was conducted under field conditions using pickings lacewing adults and reproduction of the species obtained was performed at the Laboratory Breeding Beneficial Insects of the Local Board of Plant Protection Carrizo Valley, located in Villa Díaz Ordaz, Sinaloa. During the months of July 2010 to September 2011.

Were performed 12 adult lacewing pickings with entomological net in six commercial orchards of orange *Citrus sinensis* Osbeck and lemon Mexican *Citrus aurantifolia* Swingle located in the north, in the town of Ahome; in the center, in the town of Mocorito; east, in the municipality of Sinaloa de Leyva; and in the south, in the town of La Cruz de Elota, the state of Sinaloa, in July 2010, March 2011, August 2011 and September 2011 (Table 1). Lacewing adults captured by three to five hours hits an entomological net in different parts of each citrus orchard in each sampling date, they were confined in cages and transported to the laboratory breeding of beneficial insects The Local Board Plant health Carrizo Valley, where they were given food and waited for them to reproduce (F1), third instar larvae were identified to species based on the taxonomic keys López-Arroyo *et al.* (2008) and Tauber and Leon (2001), using a stereoscopic microscope.

In 3520 larvae obtained in the first generation (F1) was randomly identified 550 larvae (15.6%), product screenshots July 2010; 300 larvae of 653 (45.9%), 300 larvae of 387 (77.5%) and 604 larvae 1 573 (38.4%) of each of the three sacks in March 2011; Larvae produced 233 233 (100%) of the capture of August 2011; and 718 larvae, product of two catches September 2011, the total (100%) were inspected.

The results of the samplings were separately subjected to a one-way ANOVA, considering the sampling dates as repetition. The average obtained for each species was applied the Tukey test (5%) (SAS, 2009), the relative abundance of each species of lacewing obtained (Magurran, 1988) was calculated and graphic results were formulated. In the laboratory of CEVAF reference specimens are preserved.

de 233 producidas (100%), de la captura de agosto de 2011; y de 718 larvas, producto de dos capturas de septiembre de 2011, se inspeccionaron el total (100%).

Los resultados de los muestreos realizados se sometieron por separado a un ANVA de una vía, considerando las fechas de muestreo como repetición. Al promedio obtenido de cada especie se les aplicó la prueba de Tukey (5%) (SAS, 2009), se calculó la abundancia relativa para cada especie de crisopa obtenida (Magurran, 1988) y se elaboraron gráficos de resultados. En el laboratorio del CEVAF se conservan especímenes de referencia.

Etapas II. Evaluación de la capacidad de depredación de *Ch. carnea* Stephens, *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* y *C. valida*, sobre algunos de los estados inmaduros de *D. citri*. Esta etapa se llevó a cabo en condiciones de laboratorio, en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF). Se realizaron siete pruebas de depredación: cuatro con huevos, una con ninfas chicas (de primer y segundo instar) y dos con ninfas grandes (de cuarto y quinto instar) durante julio y agosto de 2011.

Depredadores. Se evaluaron larvas de segundo instar de las especies de crisopa en existencia en laboratorio de cría de insectos benéficos, de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo, en el momento de cada prueba. Las larvas de crisopa evaluadas correspondieron a los adultos obtenidos para la identificación de las especies de Chrysopidae (Cortez-Mondaca *et al.*, 2011).

Presas. Para las pruebas se recolectaron brotes tiernos altamente infestados con *D. citri*, de cinco a 10 cm de longitud, en árboles de huertas comerciales de cítricos y en árboles de traspatio, generalmente de limón mexicano para obtener estados inmaduros del psílido asiático de los cítricos y se contabilizaron, para establecer un número determinado de ellos en cada brote. Con una aguja entomológica se eliminaron de cada brote los estados de desarrollo diferentes a los objeto de evaluación, sólo se dejaron especímenes de la edad que se deseaba evaluar en cada prueba. Los brotes conteniendo generalmente 100 ejemplares de *D. citri*, se colocaban en una caja de Petri de plástico, de 13 cm de diámetro y 2 cm de altura, y se exponían a una larva de segundo instar, previamente aislada y sometida a ayuno durante 24 h (Cortez *et al.*, 2002). La larva en ayuno fue colocada directamente sobre los brotes que contenían las presas; después, los brotes fueron examinados a diferentes

Stage II. Capacity assessment predation *Ch. Carnea* Stephens, *Ch. Rufilabris*, *Ch. Comanche* and *C. valida* on some of the immature stages of *D. citri*. This stage was carried out under laboratory conditions at the National Institute of Agricultural and Livestock Forestry Research (INIFAP) -Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), seven tests were conducted predation, four eggs, one with girls nymphs (first and second instar) and two large nymphs (fourth and fifth instar) during July and August 2011.

Predators. second instar larvae of the green lacewing species existing laboratory breeding of beneficial insects, the Local Board of Plant Protection Carrizo Valley, at the time of each test were evaluated. Evaluated lacewing larvae adults obtained corresponded to identify species Chrysopidae (Cortez-Mondaca *et al.*, 2011).

Preys. For testing highly infested seedlings with *D. citri* were collected from five to 10 cm in length for commercial trees citrus groves and backyard trees, usually Mexican lime for immature stages of the Asian citrus psyllid and they were counted, to establish a certain number of them in each outbreak. With an entomological needle is removed from each outbreak different development states the purpose of evaluation, only specimens of age who wanted to assess in each event were left. Outbreaks usually containing 100 copies of *D. citri*, were placed in a plastic petri dish of 13 cm in diameter and 2 cm, and exposed to a second instar larva, previously isolated and subjected to fasting for 24 h (Cortez *et al.*, 2002). The larva fasting was placed directly on containing outbreaks dams; then shoots were examined at different intervals of time, for counting the number of surviving specimens, eggs, nymphs or large nymphs girls. The difference between before and after the inspection was the number of prey consumed.

For each kind of larva stage of the dam and four replications of the test were performed. The results were subjected to a one-way ANOVA; the averages were applied Tukey test (5%) (SAS, 2009).

Results

Stage I. Determination of the number of species associated Chrysopidae the Asian citrus psyllid. A total catch of 2 337 adult lacewing commercial citrus orchards in the state

intervalos de tiempo, para contabilizar el número de especímenes sobrevivientes, huevos, ninfas chicas o ninfas grandes. La diferencia entre antes y después de la inspección fue el número de presas consumidas.

Para cada especie de larva y etapa de la presa se realizaron cuatro repeticiones de la prueba. Los resultados se sometieron a un ANVA de una vía; a los promedios se les aplicó la prueba de Tukey (5%) (SAS, 2009).

Resultados

Etapa I. Determinación del número de especies de Chrysopidae asociadas al psílido asiático de los cítricos. Se obtuvo una captura total de 2 337 adultos de crisopa en huertos comerciales de cítricos del estado de Sinaloa, México. El número de adultos capturados por huerta y fecha de captura, fue variable, desde 52 especímenes en Dolores Hidalgo, Ahome, el 6 de julio de 2010, hasta 400 ejemplares obtenidos en huerta de Caimanero, Mocorito, el 25 de marzo de 2011. Generalmente, el número de capturas por fecha y huerta fueron alrededor de 150 adultos (Cuadro 1).

of Sinaloa, Mexico was obtained. The number of adults captured by orchard and date of capture, was variable, from 52 specimens in Dolores Hidalgo, Ahome, on July 6, 2010, 400 specimens from Orchard Caimanero Mocorito on 25 March 2011. Generally the number of catches by date and orchard were about 150 adults (Table 1).

Species identification. In the first three dates grouped catches, august 7, 2010, 16 and 17 march 2011, *Ch. Comanche* was the predominant species (Figure 1), while the dates of march 25 and august 26, and on september 7, 2011, *C. valid* was the most abundant. *Ch. Carneia* and *C. Claveri* were the rarest species, the first one occasion captured on the first sample and the second in the last two dates and places of capture. The results of the ANOVA showed significant difference in the prevalence of *C. valid* and *Ch. Comanche* about *Ch. Rufilabris*, *C. Claveri* and *Ch. Carneia* ($p < 0.0004$). Whereas in the calculation of the relative abundance of each species, *C. valid* showed nearly half of the total captured specimens (0.495), followed closely by *C. Comanche* (0.447), together accounted for 0.942 of relative abundance; all other species in total amounted to only 0.057 (Figure 2).

Cuadro 1. Número de adultos de crisopa capturados en huertos comerciales de cítricos en el estado de Sinaloa, México.
Table 1. Number of lacewing adults captured in commercial citrus orchards in the state of Sinaloa, Mexico.

Fecha	Sitio	Coordenadas	Adultos capturados	Cultivo
05/07/2010	CLARVI, Ahome	25°47'51.54";108°56'18.38"	100	Limón mexicano
06/07/2010	Dolores Hidalgo, Ahome	26°21'11.55";109°00'20.05"	52	Naranja
07/07/2010	Agua Nueva, Ahome	25°51'22.35";109°05'04.74"	127	Naranja
08/07/2010	Dolores Hidalgo, Ahome	26°21'11.55";109°00'20.05"	150	Naranja
09/07/2010	Agua Nueva, Ahome	25°51'22.35";109°05'04.74"	125	Naranja
10/07/2010	CLARVI, Ahome	25°47'51.54";108°56'18.38"	220	Limón mexicano
13/07/2010	Dolores Hidalgo, Ahome	25°47'51.54";108°56'18.38"	158	Naranja
15/07/2010	Dolores Hidalgo, Ahome	25°47'51.54";108°56'18.38"	208	Naranja
16/03/2011	Caimanero, Mocorito	24°57'08.71";107°44'36.06"	190	Naranja
17/03/2011	La Guamuchilera, Mocorito	24°56'14.64";107°43'47.46"	130	Naranja
25/03/2011	Caimanero, Mocorito	24°57'08.71";107°44'36.06"	400	Naranja
26/08/2011	Genaro Estrada, Sinaloa de Leyva	25°55'38.89";108°23'04.02"	120	Limón mexicano
07/09/2011	Ejido El Bolillo, La Cruz de Elota	24°01'17.29";106°49'04.76"	212	Naranja
12/09/2011	Ejido El Tecuyo, La Cruz de Elota	24°54'01.40";106°43'30.03"	145	Naranja
Total	Ocho sitios		2 337	Dos especies

Identificación de especies. En las primeras tres fechas de capturas agrupadas, 07 de agosto de 2010, 16 y 17 de marzo de 2011, *Ch. comanche* fue la especie predominante (Figura 1), mientras que en las fechas del 25 de marzo y 26 de agosto, y el 07 de septiembre de 2011, *C. valida* fue la más abundante. *Ch. carnea* y *C. claveri* fueron las especies más escasas, la primera se capturo una ocasión en el primer muestreo y la segunda en las dos últimas fechas y sitios de captura. Los resultados del ANVA mostraron diferencia significativa de la predominancia de *C. valida* y *Ch. comanche* respecto a *Ch. rufilabris*, *C. claveri* y *Ch. carnea* ($p<0.0004$). Mientras que en el cálculo de la abundancia relativa por especie, *C. valida* mostró casi la mitad de ejemplares del total capturados (0.495), seguida de cerca por *C. comanche* (0.447), juntas representaron el 0.942 de abundancia relativa; el resto de las especies en total sólo sumaron 0.057 (Figura 2).

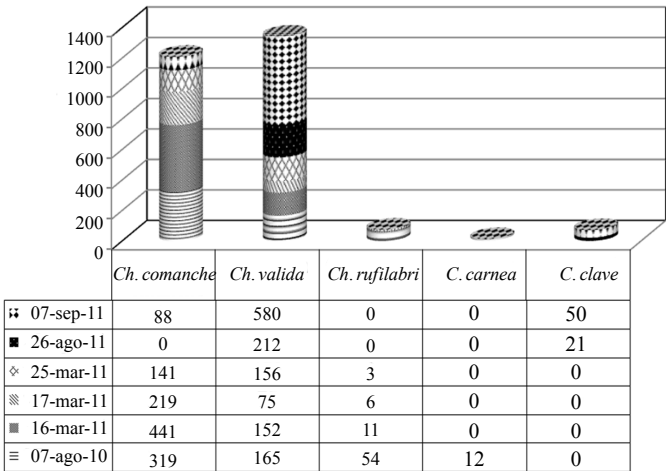


Figura 1. Cantidad de especímenes de Crhysopidae identificadas a especie, de adultos capturados en huertas de cítricos en Sinaloa, México.

Figure 1. Number of specimens Crhysopidae identified to species, adult captured in citrus orchards in Sinaloa, Mexico.

Etapa II. Evaluación de la capacidad de depredación de *Ch. carnea*, *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* y *C. valida*. En cuatro pruebas de depredación sobre huevos de *D. citri* no se detectó diferencia significativa entre tratamientos ($p>0.05$); sin embargo, en todas las pruebas *Ch. rufilabris* mostró mayor consumo de presas en las primeras horas de exposición, después de cinco o seis horas ya había consumido 90% o más de los huevos disponibles. En la segunda prueba, *Ch. comanche* consumió más que *Ch. carnea* en las primeras cuatro lecturas de depredación (Figura 4). En la tercera evaluación *Ch. carnea* consumió más huevo en las primeras tres lecturas de depredación

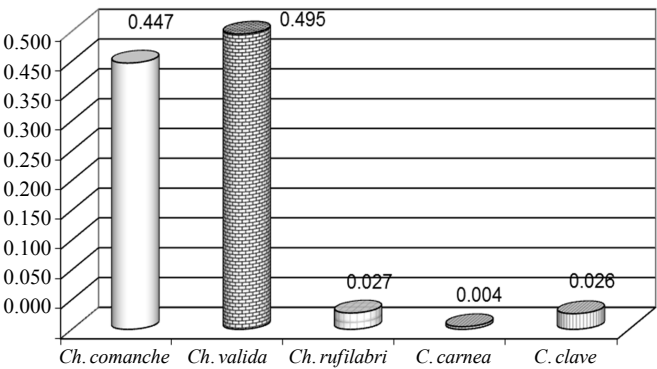


Figura 2. Abundancia relativa de especies de Chrysopidae en huertas comerciales de naranja y limón mexicano en Sinaloa, México.

Figure 2. Relative abundance of species Chrysopidae in commercial orchards of orange and Mexican lime in Sinaloa, Mexico.

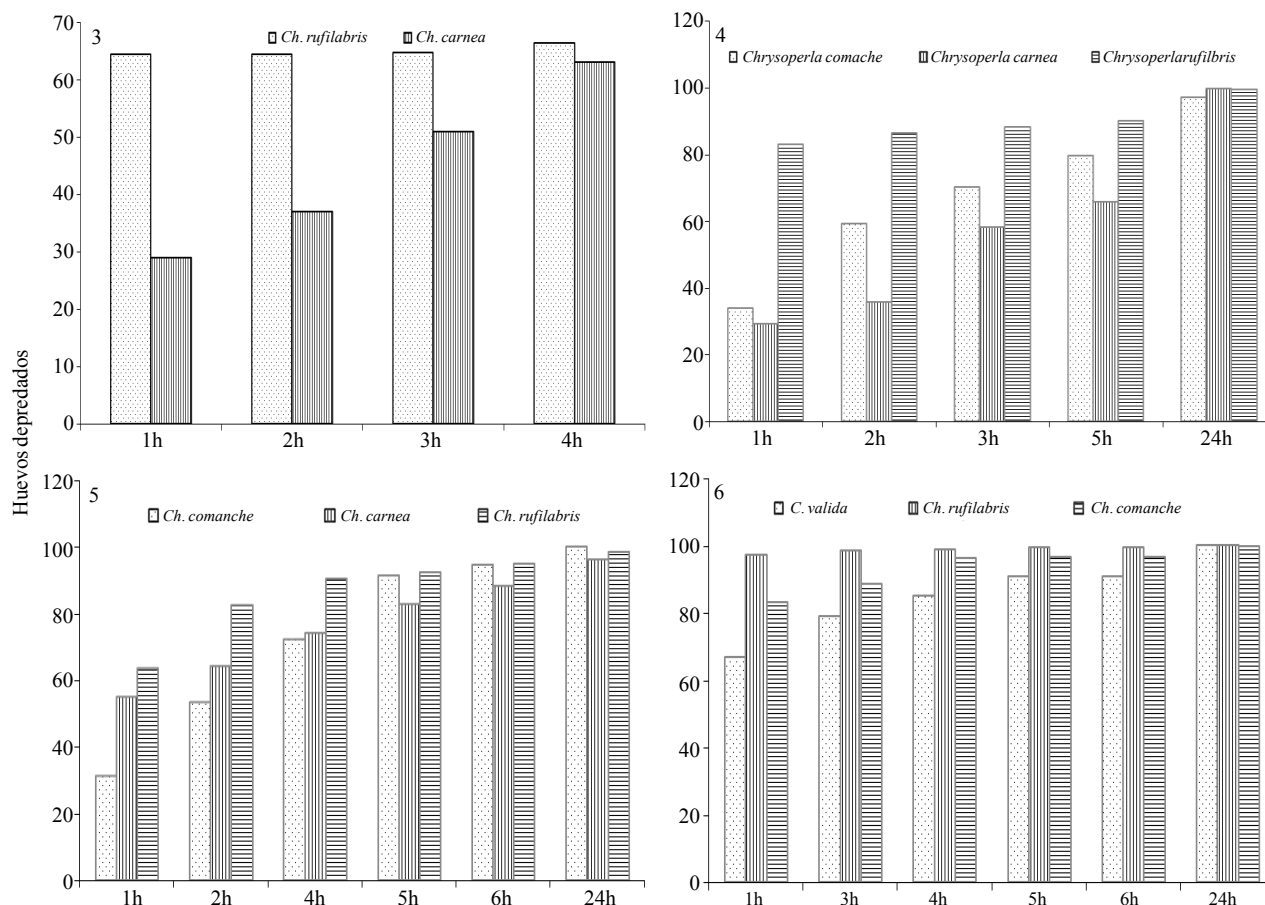
Stage II. Capacity assessment predation *Ch. carnea*, *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* and *C. valida*. In four tests predation on eggs of *D. citri* no significant difference between treatments ($p>0.05$) was detected; however, in all tests *Ch. rufilabris* showed increased consumption of dams in the early hours of exposure, after five or six hours had consumed 90% or more of the available eggs. In the second test, *Ch. Comanche* consumed more than *Ch. Carnea* in the first four readings predation (Figure 4). In the third evaluation *Ch. Carnea* consumed more egg in the first three readings of predation compared to *Ch. Comanche* (Figure 5). In the latest assessment of egg predation *Ch. Comanche*, it predated *C. valid* only in the first five readings (Figure 6). Lacewing evaluated species consumed nearly all of *D. citri* eggs before or 24 h exposure (Figures 4, 5 and 6).

The only assessment girls nymphs (first and second instar) with *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* and *C. valida*, significant difference ($p<0.001$) was obtained in the first five readings of predation. Girl consumption *D. citri* nymphs was significantly different between *Ch. comanche* and *Ch. valid* in the first five readings mortality.; and about *Ch. comanche* and *Ch. rufilabris* significant difference in consumption of nymphs in the first and third reading predation. *Ch. comanche* consume 99 specimen of *D. citri* to four hours of exposure (third reading) of dams The three species preyed nymphs girls total 24 h of exposure (Figure 7).

In the first test of predation capacity *Ch. Rufilabris*, *Ch. Comanche* and *Ch. Carnea* on large nymphs (fourth and fifth instar) of *D. citri*, no significant difference between the readings of predation ($p<0.001$) was detected. The

respecto a *Ch. comanche* (Figura 5). En la última evaluación de depredación de huevo *Ch. comanche*, depredó más que *C. valida* en las primeras cinco lecturas (Figura 6). Las especies de crisopa evaluadas consumieron prácticamente el total de huevos de *D. citri* antes de o a las 24 h de exposición (Figuras 4, 5 y 6).

consumption of prey by *Ch. rufilabris* was higher in the first four readings (1, 2, 3 and 5 h), but at 24 h *Ch. comanche* consumption exceeded the other two species. Among *Ch. comanche* and *Ch. carnea* the difference in consumption was reduced in the four readings prumras predation, but all readings was higher for the former species. After 24 h of



Figuras 3, 4, 5 y 6. Consumo de huevos de *Diaphorina citri* por especies de crisopa de pies de cría provenientes de huertas de cítricos. Figures 3, 4, 5 and 6. Consumption of eggs *Diaphorina citri* lacewing species of broodstock from citrus groves.

En la única evaluación sobre ninfas chicas (de primer y segundo instar) con *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* y *C. valida*, se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.001$) en las primeras cinco lecturas de depredación. El consumo de ninfas chicas de *D. citri* fue significativamente diferente entre *Ch. comanche* y *C. valida* en las primeras cinco lecturas de mortalidad; y respecto a *Ch. comanche* y *Ch. rufilabris* se observó diferencia significativa en el consumo de ninfas en la primera y tercera lectura de depredación. *Ch. comanche* consumió 99 ejemplares de *D. citri* para las cuatro h de exposición (tercera lectura) de las presas. Las tres especies depredaron el total de ninfas chicas a las 24 h de exposición (Figura 7).

exposure, all species consumed more than 90 large nymphs of *D. citri* on average (Figure 8). In the second test, with evaluation of *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche*, *Ch. carnea* and *C. valida*, significant difference between treatments ($p < 0.001$) was observed *Ch. comanche* concerning *C. valida* and *Ch. carnea*, but compared to *Ch. rufilabris* at first reading (a one hour exposure prey-predator). In other readings predation no significant difference between treatments was determined even though the average values of predation is different (Figure 9), protruding *Ch. Comanche* readings 5, 6 and 7 h exposure. *C. valida* showed the lowest consumption of prey, especially in the first three readings of predation, in other consumption was close to that of *Ch. carnea* (Figure 9).

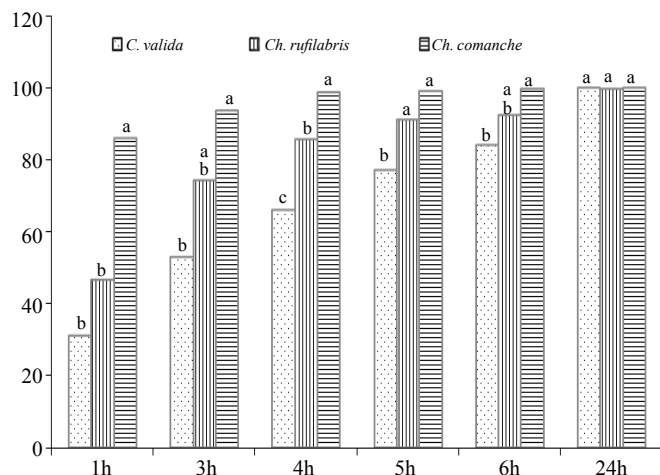


Figura 7. Consumo de ninfas chicas de *Diaphorina citri* por especies de crisopa de pies de cría provenientes de huertas de cítricos.

Figure 7. Consumption small *Diaphorina citri* nymphs lacewing species of broodstock from citrus groves.

En la primera prueba de capacidad de depredación de *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche* y *Ch. carnea* sobre ninfas grandes (cuarto y quinto instar) de *D. citri*, no se detectó diferencia significativa entre las lecturas de depredación ($p > 0.001$). El consumo de presas por *Ch. rufilabris* fue mayor en las primeras cuatro lecturas (1, 2, 3 y 5 h), pero a las 24 h *Ch. comanche* superó el consumo de las otras dos especies. Entre *Ch. comanche* y *Ch. carnea* la diferencia de consumo fue reducida, en las primeras cuatro lecturas de depredación, pero en todas las lecturas fue mayor para la primera especie. A las 24 h de exposición, todas las especies consumieron más de 90 ninfas grandes de *D. citri* en promedio (Figura 8). En la segunda prueba, con evaluación de *Ch. rufilabris*, *Ch. comanche*, *Ch. carnea* y *C. valida*, se observó diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.001$), de *Ch. comanche* respecto a *C. valida* y *Ch. carnea*, pero no respecto a *Ch. rufilabris* en la primera lectura (a una hora de exposición presas-depredador). En el resto de lecturas de depredación no se determinó diferencia significativa entre tratamientos a pesar de que los valores promedio de depredación se muestran diferentes (Figura 9), sobresaliendo *Ch. comanche* en las lecturas de las 5, 6 y 7 h de exposición. *C. valida* mostró el menor consumo de presas, sobre todo en las primeras tres lecturas de depredación, en el resto el consumo fue cercano al de *Ch. carnea* (Figura 9).

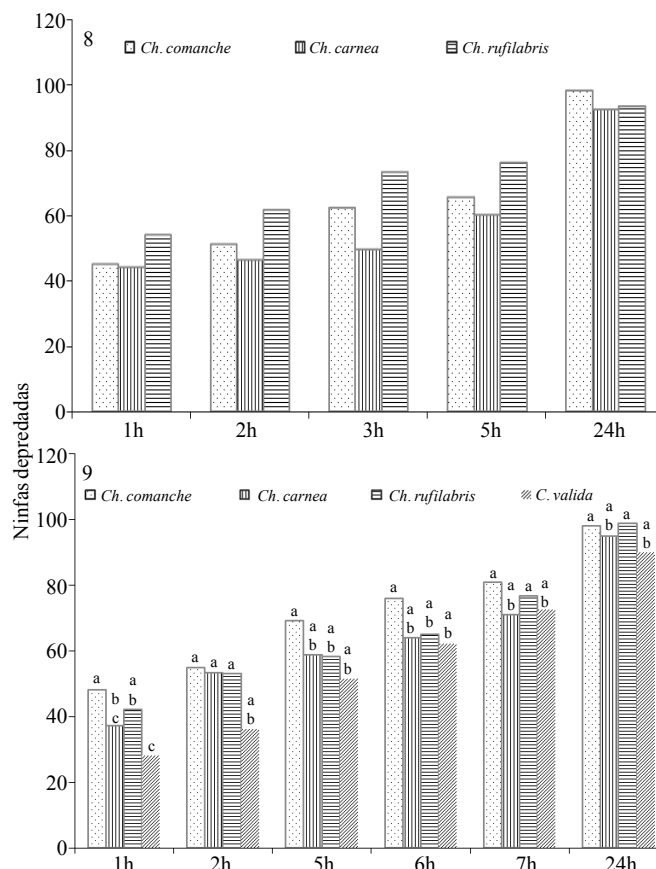


Figura 8 y 9. Consumo de ninfas grandes de *Diaphorina citri* por especies de crisopa de pies de cría provenientes de huertas de cítricos.

Figure 8 and 9. Consumption of large nymphs *Diaphorina citri* lacewing species of broodstock from citrus groves.

Discussion

Species abundance and diversity

In other regions of the country indicated the presence in the various species of citrus species Chrysopidae of the gender *Ceraeochrysa*, *Chrysopa*, *Chrysoperla*, *Eremochrysa* and *Leucochrysa*, mainly (López-Arroyo, 2000; López-Arroyo *et al.*, 2010). In the citrus area of Sinaloa, only species *Chrysoperla* and *Ceraeochrysa* were found, which shows a lack of diversity of this important group of predators. This could be even more critical, because in at least two areas were released commercially species *C. valida* and *Ch. comanche*.

Discusión

Abundancia de las especies y diversidad

En otras regiones del país se ha indicado la presencia en las diversas especies de cítricos, de especies de Chrysopidae de los géneros *Ceraeochrysa*, *Chrysopa*, *Chrysoperla*, *Eremochrysa* y *Leucochrysa*, principalmente (López-Arroyo, 2000; López-Arroyo *et al.*, 2010). En el área citrícola de Sinaloa, solamente se encontraron especies de *Chrysoperla* y *Ceraeochrysa*, lo que muestra una escasa diversidad de este importante grupo de depredadores. Lo anterior, podría ser aún más crítico, ya que en al menos dos áreas se liberaron en forma comercial las especies *C. valida* y *Ch. comanche*. En la huerta de Caimanero, previo a los muestreos de captura del 16 de marzo de 2011 (Cuadro 1), se realizaron cuatro liberaciones de 10 000 huevos ha de *Ch. comanche*, para control de *D. citri* a intervalos de 15 días, por lo que se deduce que su predominancia fue influida, en parte, por las liberaciones. Mientras en la huerta de Sinaloa de Leyva, donde las especies capturadas fueron *C. valida* y *C. claveri*, se realizaron liberaciones de *Ch. comanche* y de *C. valida*, en los mismos intervalos y dosis señalados antes, en el periodo de octubre de 2010 a enero de 2011, y posteriormente, durante agosto del año 2011 se liberó en dos ocasiones con *Ch. carnea*, de pie de cría de cultivos herbáceos. Sin embargo, no se recuperaron adultos de esta última especie. La reducida presencia de *Ch. carnea* en los árboles de cítricos podría estar asociada con la preferencia de la especie por hábitats herbáceos, mientras que el resto de las especies son señaladas por ser de hábitos arbóreos (Brooks y Barnard, 1990; Brooks, 1994; Albuquerque *et al.*, 2001).

En el estado de Sinaloa, predomina un clima cálido y semiárido con cierta variación en relación a la presencia de vegetación silvestre, la cual difiere en abundancia y diversidad, siendo relativamente mayor en la parte del centro al sur del estado; las temperatura media en los meses de invierno (de noviembre a marzo) fluctúa de 19 °C a 22 °C y, mientras que en los meses de verano (de mayo a septiembre), fluctúa entre 24 °C y 28 °C. Las huertas de cítricos en las que se realizó la captura de adultos de Chrysopidae, están ubicadas en valles agrícolas, en los que en menor o mayor grado se realiza un abundante uso de plaguicidas y agroquímicos en general, especialmente en cultivos hortícolas, durante los meses de octubre a abril. Con relación a lo anterior, en todas las huertas se obtuvieron especímenes de *C. valida*, sólo en una huerta no se obtuvieron

In the orchard of Caimanero prior to sampling capture march 16, 2011 (Table 1), four releases of 10 000 eggs must *Ch. comanche*, controlling *D. citri* at intervals of 15 days, were performed it follows that their dominance was influenced in part by releases. While in the orchard of Sinaloa de Leyva, where species were captured *C. valida* and *C. claveri*, releases were made *Ch. comanche* and to *C. valida*, at the same intervals and doses mentioned earlier, in the period october 2010 to january 2011, and later, during August 2011 was released twice by *Ch. carnea*, standing breeding arable crops. However, no adult latter species were recovered. The reduced presence of *Ch. carnea* in citrus trees could be associated with the preference of the species for arable habitats, while the other species are listed as being of arboreal (Brooks y Barnard, 1990; Brooks, 1994; Albuquerque *et al.*, 2001).

In the state of Sinaloa, is dominated by a warm and semi-arid climate with some variation in relation to the presence of vegetation, which differ in abundance and diversity, being relatively higher in the south central part of the state; the average temperature in the winter months (november to march) ranges from 19 °C to 22 °C and, while in the summer months (may to september), fluctuates between 24 °C and 28 °C. The citrus orchards in the capture adult Chrysopidae was conducted are located in agricultural valleys, where a lesser or greater degree extensive use of pesticides and agrochemicals in general, especially in horticultural crops, takes place during the months october to april. With regard to the above, in all orchards specimens of *C. valida* only in an orchard We obtained specimens were obtained *C. comanche* and two orchards not obtained *Ch. rufilabris*. While *Ch. carnea* was obtained only in orchards in northern Sinaloa and *C. claveri* was obtained in two locations in the town of orchards La Cruz de Elota and Sinaloa de Leyva. Unknown factor that determined the production of different species orchard, but as already mentioned, in the orchard of Caimanero and Sinaloa de Leyva releases *C. valida* and *C. comanche*. were performed.

This study is the first report of identification of species associated Chrysopidae Asian citrus psyllid in Sinaloa.

Predation: Chrysopidae species evaluated showed the same ability to predation; however, *C. rufilabris* showed more greed in the early hours of exposure of the dams. The species evaluated consumed nearly all of dams exposed 24 h or before the end of the evaluation period. Small nymphs significant difference ($p < 0.001$) was obtained in the first five readings exposure. *C. comanche* demonstrated greater predation, followed by *C. rufilabris*. However, at 24 h the three species generally consumed the dams 100 exposed.

ejemplares de *C. comanche* y en dos huertas no se obtuvieron *Ch. rufilabris*. Mientras que *Ch. carnea* se obtuvo sólo en huertas del norte de Sinaloa y *C. claveri* se obtuvo en dos localidades, en huertas del municipio de La Cruz de Elota y de Sinaloa de Leyva. Se desconoce que factor determinó la obtención de las diferentes especies por huerta, aunque como ya se comentó, en las huertas de Caimanero y de Sinaloa de Leyva se realizaron liberaciones de *C. valida* y *C. comanche*.

El presente estudio constituye el primer reporte de identificación de especies de Chrysopidae asociadas al psílido asiático de los cítricos en Sinaloa.

Depredación: las especies de Chrysopidae evaluadas mostraron la misma capacidad de depredación; sin embargo, *C. rufilabris* mostró mayor voracidad en las primeras horas de exposición de las presas. Las especies evaluadas consumieron prácticamente el total de presas expuestas 24 h o antes de finalizar el período de evaluación. Con ninfas chicas se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.001$) en las primeras cinco lecturas de exposición. *C. comanche* mostró mayor capacidad de depredación, seguida de *C. rufilabris*. No obstante, a las 24 h las tres especies consumieron generalmente las 100 presas expuestas. Con ninfas grandes, se obtuvo diferencia significativa ($p < 0.001$), *Ch. comanche* y *Ch. rufilabris* mostraron diferencia significativa en el consumo de presas en comparación de *C. valida*, en la primera lectura de consumo de presas (24 h). Como es normal, el consumo de ninfas grandes de *D. citri* fue menor que de huevos y ninfas chicas. Es necesario determinar el total de presas de *D. citri* requeridas, de diferentes estados de desarrollo, por cada especie de Chrysopidae de primero, segundo y tercer instar, para estimar la capacidad de consumo total.

Implicaciones para el control biológico de *D. citri*. La decisión de utilizar alguna especie de estos depredadores para el control biológico por aumento contra el psílido asiático de los cítricos, dependería de la adaptación reflejada en su predominancia en un ambiente determinado (Cortez-Mondaca *et al.*, 2008); de la capacidad depredadora sobre el psílido en cuestión (Tauber *et al.*, 2000) y de la factibilidad de producción de cada una, éste atributo tendría que incluir la capacidad de reproducción y la duración del ciclo de vida, porque influyen el costo de inversión por espécimen reproducido. En el caso de factibilidad de reproducción, la diferencia entre las especies de *Chrysoperla* evaluadas es reducida; mientras las especies “carga basura” *C. valida* y *C. claveri* presentan un ciclo de vida larvaria superior en 3-4 días y períodos de preovisposición que difieren en 3-9 días, lo que involucra un mayor período

With large nymphs significant difference ($p < 0.001$), *Ch. Ccomanche* and *Ch. rufilabris* was obtained showed significant difference in prey consumption compared to *C. valida* in the first reading of prey consumption (24 h). As usual, the consumption of large nymphs of *D. citri* was lower than that of eggs and nymphs girls. It is necessary to determine the total required dams *D. citri*, different stages of development, each kind of Chrysopidae first, second and third instar, to estimate the total consumption capacity.

Implications for the biological control of *D. citri*. The decision to use any kind of these predators for biological control rising against the Asian citrus psyllid, depend on the adaptation reflected their predominance in a given environment (Cortez-Mondaca *et al.*, 2008); the predatory capacity on the psyllid in question (Tauber *et al.*, 2000) and the feasibility of production of each, this attribute should include the ability to reproduce and the cycle of life, because they influence the cost of investment by specimen reproduced. For feasibility of reproduction, the difference between *Chrysoperla* species evaluated is reduced; while species "load dump" *C. valida* and *C. claveri* and have a higher larval life cycle in 3-4 days and periods preovisposición differing in 3-9 days, which involves a period greater power and maintenance laboratory; however, these factors may be advantages in the field, as it would have a predator active for a longer time (López-Arroyo *et al.*, 1999; Albuquerque *et al.*, 2001; López-Arroyo and De León, 2002).

Lacewings playback is possible, since each institution in the country have at least one laboratory reproduction of beneficial insects and most played some kind of *Chrysoperla* (Bahena, 2008, SENASICA, 2010).

Conclusions

The higher prevalence of *C. comanche* in citrus, combined with the ability to prey consumption suggest that *Ch. comanche* may have greater chance of success against the Asian citrus psyllid in Sinaloa, Mexico.

The use of lacewing is proposed as an alternative that would reduce exclusive dependence on chemical control for controlling *D. citri*. Also, avoid the risks inherent in the use of toxics environment.

End of the English version



de alimentación y mantenimiento en laboratorio; no obstante, estos factores podrían ser ventajas en campo, ya que se tendría a un depredador en activo durante mayor tiempo (López-Arroyo *et al.*, 1999; Albuquerque *et al.*, 2001; López-Arroyo y De León, 2002).

La reproducción de crisópidos es factible, ya que en cada entidad del país hay al menos un laboratorio de reproducción de insectos benéficos y en la mayoría se reproduce alguna especie de *Chrysoperla* (Bahena, 2008; SENASICA, 2010).

Conclusiones

La mayor predominancia de *C. comanche* en cítricos, combinada con la capacidad de consumo de presas, sugieren que *Ch. comanche* puede tener mayor posibilidad de éxito contra el psílido asiático de los cítricos en Sinaloa, México.

El empleo de crisopa se propone como una alternativa que vendría a reducir la dependencia exclusiva del control químico para el control de *D. citri*. Además, evitaría los riesgos inherentes al uso de tóxicos en el ambiente.

Agradecimiento

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT por el financiamiento del proyecto “Manejo de la enfermedad Huanglongbing (HLB) mediante el control de poblaciones del vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), el psílido asiático de los cítricos”. A la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Carrizo. A la Academia Mexicana de Ciencias-Programa de Verano de Investigación Científica.

Literatura citada

- Albuquerque, G. S.; Tauber, C. A. and Tauber, M. J. 2001. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: McEwen, T. R. P. and Whittington, A. E. (Ed.). *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press. Cambridge, U. K. 408-423 pp.
- Aubert, B. 2008. Citrus Huanglongbing experiences of integrated vector management (IVM) in Reunion and Guadeloupe, two ultra-peripheral regions of the European Union. In: *Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing*. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando FL. 16-24 pp.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Path.* 88:7-37.
- Brooks, S. J. 1994. A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* 63:137-210.
- Brooks, S. J. and Barnard, P. C. 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Mus. Hist. (Ent.)*. 59(2):117-286.
- Bahena, J. F. 2008. Enemigos naturales de las plagas agrícolas de maíz y otros cultivos. Libro Técnico Núm. 5. SAGARPA-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 180 p.
- Cortez-Mondaca, E., J. C. Legaspi, L. A. Rodríguez del Bosque y J. Vargas C. 2000. Prueba de alimentación de *Chilocorus stigma* (Coleoptera: Coccinellidae) sobre “escamas armadas” de cítricos. In: *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Control Biológico*. SMCB. Guanajuato, Guanajuato. 173-176 pp.
- Cortez-Mondaca, E.; Orduño-Cota, F. J. and López-Buitimea, M. 2008. Species of Chrysopidae Associated with Whiteflies in Soybean in Northern Sinaloa, Mexico. *Southwest. Entomol.* 3(2):153-155.
- Cortez-Mondaca, E., N. E. Lugo-Angulo, J. Pérez-Márquez y M. A. Apodaca-Sánchez. 2010. Primer reporte de enemigos naturales y parasitismo sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en Sinaloa, México. *Southwest. Entomol.* 35(1):113-116.
- Cortez-Mondaca, E.; Partida-Valenzuela, M. P.; López-Arroyo, J. I.; Ruíz, L. R. y González-Calderón, V. M. 2011. Capacidad depredadora de especies de Chrysopidae sobre el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama. In: *Memorias del XXXIV Congreso Nacional de Control Biológico*, Sociedad Mexicana de Control Biológico. 9-11 Noviembre de 2011. Monterrey, N. L. México. 187-192 pp.
- Chien, Ch. Ch.; Chiu, S. Ch. and Ku, S. Ch. 2001. Mass rearing and field release of an eulophid wasp, *Tamarixia radiata* (waters.). FFTC Technical notes. *Plant Protection*. 5:1-4.
- Chiou, N. C. 1998. Ecology of the insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. FFTC Publication Database. www.agnet.org/library/eb/459a/.
- Da-Graca, J. V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:109-136.
- Da-Graca, J. V. and Korsten, L. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies. In: Naqvi, S. A. M. H. (Ed.). *Diseases of fruits and vegetables*, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 229-249 pp.
- Etienne, J.; Quilici, S.; Marival, D. and Franck, A. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*. 56:307-315.
- López-Arroyo, J. I.; Tauber, C. A. and Tauber, M. J. 1999. Comparative life-histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92:208-217.
- López-Arroyo, J. I. y De-León, T. 2002. *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae): morfología, biología, comportamiento, ecología, y potencial para el control de *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphidae). In: *control biológico del pulgón café de los cítricos, Toxoptera citricida*, vector del virus de la tristeza de los cítricos. 3ª. Ed. SAGARPA. Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria. Mérida, Yucatán. 73-84 pp.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in Central Florida. *Biol. Control*. 29:260-269.

- López-Arroyo, J. I.; De-León, T.; Ramírez, M. y Loera, J. C. 2008. Especies de *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysopidae) presentes en México. In: M. D. Salas y E. Salazar (Eds.). Entomófagos en el control de plagas agrícolas en México. Universidad Autónoma de Guanajuato. Guanajuato, México. 69-80 pp.
- López-Arroyo, J. I.; González-Hernández, A.; Reyes-Rosas, M. A.; Rodríguez-Guerra, R.; Lozano-Contreras, M.; Jasso-Argumedo, J. y Cortez-Mondaca, E. 2010. Avances en el control biológico de *Diaphorina citri*, vector del patógeno causante del huanglongbing de los cítricos. In: Memoria del Simposio Nacional para el Control Biológico del Psílido Asiático de los Cítricos. Sociedad Mexicana de Control Biológico. 10-12 Noviembre de 2010. Uruapan, Michoacán, México. 87-98 pp.
- López-Arroyo, J. I.; Tauber, C. A. and Tauber, M. J. 1999. Comparative life-histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 92:208-217.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. First edition. Princeton University Press. Princeton, N. J. 167 p.
- McFarland, C. y Hoy, M. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. Fla. Entomol. 84:227-233.
- National Research Council. 2010. Strategic planning for the Florida citrus industry: addressing citrus greening disease. Washington, DC: The National Academies Press. Academies Press. First edition. Washington, DC. 328 p.
- SAS 2009. Sas/stat user's guide: Glm varcomp. 6.04. Fourth ed. Cary, NC, USA. 996 p.
- SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal. 2010. Plantas productoras de insectos benéficos; situación actual y perspectivas de la red de laboratorios veterinarios y agronómicos en el país. <http://www.senasica.gob.mx/?id=2684>.
- Tauber, C. A. and De-León, T. 2001. Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Larvae of *Ceraeochrysa* from Mexico. Ann. Entomol. Soc. Am. 94(2):197-209.
- Tauber, M. J.; Tauber, C. A.; Daane, K. M. and Hagen, K. S. 2000. Commercialization of predators: recent lessons from green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). Am. Entomol. 46:26-38.