

## *Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) y sus parasitoides en el centro de México

*Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasitoids in Central Mexico

JUAN M. VANEGAS-RICO<sup>1,3</sup>, J. REFUGIO LOMELI-FLORES<sup>1,2</sup>, ESTEBAN RODRÍGUEZ-LEYVA<sup>1,4</sup>,  
ALEJANDRO PÉREZ-PANDURO<sup>1,5</sup>, HÉCTOR GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ<sup>1,6</sup> y ANTONIO MARÍN-JARILLO<sup>7</sup>

**Resumen:** *Dactylopius opuntiae*, plaga clave en los cultivos del nopal *Opuntia ficus-indica*, es cultivado y consumido como verdura (“nopalitos”) o por sus frutos en México y distintas regiones del mundo. Con la finalidad de desarrollar futuros programas de control biológico se realizó una búsqueda de coccinélidos depredadores asociados a *D. opuntiae* en Tlanepantla, Morelos, México, donde se concentra la mayor producción de nopalitos y es frecuente una alta densidad poblacional de esta plaga. Las recolectas se realizaron semanalmente en cinco huertos en el periodo de mayor abundancia de la plaga, de febrero a junio, durante dos años consecutivos (2008 y 2009). La lista de coccinélidos asociados a esta plaga se complementó con recolectas no sistemáticas en la ciudad de México (Milpa Alta) y Estado de México (Texcoco); además se revisó material depositado en el INIFAP, Celaya, Guanajuato, colección más importante de Coccinellidae de México. El depredador *Hyperaspis trifurcata* fue el coccinélido más abundante; sobre sus larvas y pupas se obtuvieron tres himenópteros, de los cuales *Homalotylus cockerelli* fue el más abundante y se desarrolló como parasitoide primario, mientras que *Pachyneuron* sp. y *Tetrastichus* sp. fueron poco frecuentes y con hábitos hiperparasíticos. Las poblaciones de *Ho. cockerelli* aumentaron conforme se incrementaron las de su presa *H. trifurcata*, sobre la cual los porcentajes de parasitismo oscilaron entre 0 y 46,2%. De las colectas no sistemáticas y del material depositado en la colección del INIFAP-Celaya se registraron cuatro especies más de coccinélidos asociados a dactilópodos en la parte central de México.

**Palabras clave:** Control biológico. Hemiptera. Hymenoptera.

**Abstract:** *Dactylopius opuntiae* is a key pest of the prickly pear crop, *Opuntia ficus-indica*, which is cultivated as a vegetable (called “nopalitos”) in Mexico and for its fruit in Mexico and other regions of the world. In this study, ladybird predators associated with *D. opuntiae* in Central Mexico were studied as potential natural enemies to be used in future biological control programs. Collections were concentrated at the principal prickly pear crop production areas (Tlanepantla, Morelos), where high population density of the pest is common. In this area, systematic samples were completed every other week, from February to June, for two years (2008 and 2009) on five nopalitos sites. The list of Coccinellidae associated with *D. opuntiae* was complemented with non-systematic collections in Mexico City (Milpa Alta) and Mexico State (Texcoco). Entomological material from INIFAP-Celaya (Guanajuato collection), where the main Mexican Coccinellidae collection is hosted, was also checked. *Hyperaspis trifurcata* was the major predator collected in Tlanepantla, Morelos, Mexico. Three hymenopteran species were obtained from larvae and pupae of this predator. *Homalotylus cockerelli* was the most abundant parasitoid, acting as the primary parasitoid; others species found were *Pachyneuron* sp. and *Tetrastichus* sp., which were infrequently collected and acted as hyperparasitoids. *Ho. cockerelli* populations increased at the same time as their host, *H. trifurcata*. This parasitoid emerged from 0 to 46.2% of the ladybird larvae and pupae collected. Four new Coccinellidae species associated with cochineal insect pests in central Mexico were found in the non-systematic collections undertaken in this study and the INIFAP-Celaya collection.

**Key words:** Biological control. Hemiptera. Hymenoptera.

### Introducción

La distribución de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, 1753 se extiende a cinco continentes (Portillo 2008), donde se explota en la industria alimentaria, cosmetológica, farmacéutica y forrajera, además de utilizarse en la bioregeneración de suelos (Le Houérou 1996; Nobel 2002; Stintzing y Carle 2005; Sáenz *et al.* 2006; Corrales-García 2009). La cochinilla silvestre del nopal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae), es una de las plagas clave del cultivo de *O. ficus-indica*, ya que reduce el vigor de la planta y puede ocasionar su muerte en infestaciones elevadas (Vanegas-Rico *et al.* 2010). Frecuentemente, los métodos químicos y culturales usados para su control dan resultados insatisfactorios y, hasta el momento, no se han

implementado programas para su control biológico, aunque se avanza en el estudio sobre sus depredadores (Vanegas-Rico *et al.* 2010), entre los que destacan especies de Coccinellidae (Badii y Flores 2001; Rodríguez-Leyva *et al.* 2010; Flores *et al.* 2013), que es el grupo con más especies depredadoras registradas sobre dactilópodos (Rodríguez-Leyva *et al.* 2010).

En México, centro de origen y domesticación de *O. ficus-indica* (Griffith 2004) se registran seis de las 11 especies descritas de dactilópodos (Portillo y Vigueras 2006; Ben-Dov *et al.* 2001). En el estudio más reciente de estos organismos, se menciona que *D. opuntiae* es más abundante en la parte central del país (Chávez-Moreno *et al.* 2011), lo que coincide con las áreas más importantes de cultivos de nopal para consumo de cladodios inmaduros (= nopalitos) (SIAP 2013). Lo

<sup>1</sup> Posgrado en Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Ph. D., Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup> jrlomelif@colpos.mx. Autor para correspondencia. <sup>3</sup> Dr. *hymenopter@yahoo.com*. <sup>4</sup> *esteban@colpos.mx*. <sup>5</sup> *aperez@colpos.mx*. <sup>6</sup> *hector.agave@hotmail.com*. <sup>7</sup> INIFAP-Campo Experimental Bajío, M. en C., km 6.5. Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México C.P. 38010. *antma22@yahoo.com.mx*.

anterior sugiere la búsqueda de coccinélidos asociados a esta plaga en dicha región, con el objetivo de realizar estudios de biología básica y evaluar su potencial como agentes de control biológico.

En estudios previos se ha señalado que los parasitoides de los depredadores de *D. opuntiae* pudieran ser un factor que reduce el impacto de estos en las poblaciones de esta plaga (Vanegas-Rico *et al.* 2010), por lo que otro aspecto relevante a estudiar en campo es el reconocimiento de las especies antagónicas de los enemigos naturales, de los cuales hasta el momento no existen datos sobre su papel en la dinámica de las poblaciones de *D. opuntiae*. Por tal motivo, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las especies de coccinélidos asociadas a *D. opuntiae* en el centro de México, con especial énfasis en uno de los coccinélidos más abundantes de este dactilópido (*Hyperaspis trifurcata* Schaeffer, 1905), para conocer sus parasitoides y el posible impacto de estos en la reducción del control sobre *D. opuntiae*.

### Materiales y métodos

**Área de estudio.** Los trabajos para reconocer el impacto de coccinélidos depredadores y sus antagónicos sobre *D. opuntiae* se llevó a cabo en el área de Tlalnepantla, Morelos, México (18°57'N 98°14'O) en parcelas de producción comercial de nopalitos. Las localidades se ubicaron a una altitud que oscila entre 1.740 y 2.400 m. Esta área concentra 2.458 ha para la producción de nopalitos y es la zona con el más alto índice de productividad de esta hortaliza en México (SIAP 2013). Para realizar los muestreos se seleccionaron aleatoriamente cinco huertos. Las recolectas se realizaron quincenalmente (segunda y cuarta semana de cada mes) desde febrero de 2008 a junio de 2009, pero los datos del periodo julio del 2008 a enero del 2009 se omiten para el análisis debido a que las capturas de los depredadores fueron esporádicas y despreciables a consecuencia de factores como aplicaciones de plaguicidas, lluvia y alta HR (los cuales, según datos no publicados, impactan negativamente a la cochinilla y su complejo de depredadores). Por lo tanto, para el análisis solo se usaron los periodos febrero a junio de ambos años, los cuales coincidieron con las máximas abundancias de *D. opuntiae* como ya se había registrado anteriormente (Vanegas-Rico *et al.* 2010).

En cada huerto se seleccionaron al azar 10 plantas de nopal, de cada una se seleccionó un cladodio, y de este se recolectaron al azar cinco colonias maduras de *D. opuntiae*. En estas recolectas se capturaron solo estados inmaduros de los depredadores (larvas y pupas), ya que se desarrollan debajo o encima de las colonias de su presa y los adultos escapan a este método de captura. Las colonias se aislaron y etiquetaron individualmente en cajas Petri (2,5 cm de diámetro). Se obtuvieron 50 colonias/ huerto en cada quincena. Además, en cada huerta durante 20 minutos, se realizaron observaciones para cuantificar coccinélidos adultos depredando sobre cochinillas. En estos eventos se recolectaron a los coccinélidos y a las hembras de cochinillas que estaban siendo depredadas. Además de las recolectas sistemáticas en Tlalnepantla, Morelos, se realizaron otras recolectas con la misma metodología, pero de manera no sistemáticas, de adultos e inmaduros de coccinélidos asociados a dactilópodos sobre nopal en otros sitios en el centro de México. En las localidades visitadas se desarrollaban cultivos de nopal verdura o se utilizaba esta planta como ornato. El material biológico recolectado se

transportó al Laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, para su procesamiento e identificación.

**Trabajo de laboratorio.** Todas las colonias de *D. opuntiae* se revisaron bajo microscopio estereoscópico para registrar el número de hembras adultas presentes en cada una. Las larvas de los coccinélidos se aislaron individualmente en cajas de Petri de 2,5 cm de diámetro y se les alimentó con ninfas de *D. opuntiae* criadas en laboratorio, las pupas obtenidas de las colonias de cochinilla se aislaron individualmente en cápsulas de grenetina dura para registrar la emergencia del respectivo adulto o, de ser el caso, la de su parasitoide. Con estos registros se estimó el porcentaje de parasitismo mensual de larvas y pupas de los coccinélidos en ambos años. También se registró el número de parasitoides adultos obtenidos de cada individuo de Coccinellidae.

Los coccinélidos adultos y sus parasitoides se preservaron en etanol al 70%. Las determinaciones del material se realizaron por especialistas de Coccinellidae del INIFAP, Guanajuato, México; Pteromalidae de la Universidad de California en Davis, California, EE.UU.; y otros Hymenoptera y Dactylopiidae por los autores (Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México, México). Los organismos se incorporaron como ejemplares de referencia en las colecciones institucionales de los especialistas. Además, se revisó la colección institucional de coccinélidos del INIFAP para incluir los registros de especies depredadoras de dactilópodos recolectadas en el Valle de México.

**Análisis de datos.** Se estimó el porcentaje de parasitismo total, por mes y por estado de desarrollo del coccinélido (larvas y pupas) del material recolectado en Tlalnepantla, según la fórmula siguiente: % parasitismo  $sp_n = (\text{No. de individuos parasitados } sp_n) / (\text{No. de individuos parasitados de todas las especies} + \text{No. de individuos no parasitados})$ .

Donde  $sp_n$  = especie de parasitoide x.

El promedio de adultos de *Hyperaspis trifurcata*, así como su porcentaje de emergencia, se comparó entre años mediante una prueba de *t*, las abundancias de los parasitoides entre meses y años se compararon mediante una prueba de chi-cuadrada.

### Resultados y discusión

El coccinélido *Hyperaspis trifurcata* se presentó en todas las fechas de muestreo en ambos años. La abundancia total de ejemplares recolectados en campo fue 321 larvas y 76 pupas en 2008, y 165 larvas y 119 pupas en 2009 (Tabla 1). De estos emergieron más individuos en 2008 (304 coccinélidos) que en 2009 (214). Durante 2008 se obtuvieron más coccinélidos por colonia de *D. opuntiae*,  $0,6 \pm 0,1$  en 2008 y  $0,2 \pm 0,03$  en 2009 ( $\chi^2 = 8,339$ ;  $gl = 1$ ;  $P = 0,004$ ). En ambos años los coccinélidos presentaron una tendencia decreciente en su porcentaje de emergencia mensual; los adultos recolectados a partir de larvas registraron en promedio 92,5% en febrero y 58,6% en mayo, mientras que en pupas registraron 32,1% en febrero y 80,3% en mayo. La comparación mensual del porcentaje de emergencia entre años resultó semejante entre larvas y entre pupas ( $t \leq -0,3$ ;  $gl = 8$ ;  $P \geq 0,5$ ), y su disminución se podría atribuir al parasitismo.

En los dos periodos de muestreo se recolectaron tres especies de himenópteros que emergieron de larvas y pupas de *H. trifurcata*, los cuales se identificaron como *Homalotylus cockerelli* Timberlake 1919 (Encyrtidae), *Pachyneuron* sp. Walker (Pteromalidae) y *Tetrastichus* sp. Haliday (Eulophidae). En 2008 el parasitismo total en larvas fue 22% (70/321 larvas) y aumentó a 30% (49/214 larvas) en 2009; en contraste, el parasitismo sobre pupas fue 30% (23/76 pupas) en 2008 y 18% (21/119 pupas) en 2009. En mayo de ambos años se registró el mayor porcentaje de parasitismo sobre larvas con 40,4 y 42,3%, respectivamente, lo que coincidió con el aumento de la densidad poblacional de *H. trifurcata*. En pupas, el pico de parasitismo ocurrió en junio 2008 con 67% (6/9) y en febrero 2009 con 100% (2/2), el parasitismo mensual en ambos años no mostró diferencia ( $\chi^2 \geq 0,022$ ; gl = 1;  $P \geq 0,2$ ).

El género *Homalotylus* Mayr 1876 es endoparásitoide de larvas y pupas de Coccinellidae y Hodek 1996). Varios autores señalan que las poblaciones de este grupo de encírtidos pueden afectar la regulación natural de plagas de las familias Aphididae (Bayoumy 2011), Coccidae (Yinon 1969) y Pseudococcidae (González-Hernández *et al.* 1999), ya que los porcentajes de parasitismo de algunas especies pueden alcanzar hasta el 100%. En este trabajo *Ho. cockerelli* se presentó en todos los muestreos de 2008 y en el periodo de abril a junio de 2009. En ambos años fue el parasitoide más abundante, y su incremento poblacional coincidió con el aumento de su presa *H. trifurcata* (Tabla 1); *Ho. cockerelli* se desarrolló como parasitoide gregario. Los adultos emergieron de larvas IV y pupas, de las se obtuvieron de uno a siete y de dos a seis parasitoides/huésped, respectivamente.

Los signos de parasitismo sólo se observaron en larvas de *H. trifurcata*, y se caracterizaron por la lentitud en su desplazamiento, ocasionales movimientos espasmódicos, el cambio de coloración a rosa pálido que gradualmente se tornó a gris, y el endurecimiento de la cutícula. Algunos ejemplares de *Ho. cockerelli* que emergieron de pupas, se obtuvieron a partir de larvas recolectadas en campo y sin signos de parasitismo, las cuales puparon en laboratorio en confinamientos individuales, lo cual sugiere que se desarrolló como parasitoide de larva y de larva-pupa, lo cual es cercano a lo observado en

India, donde *Homalotylus* sp. parasitó larvas y algunos ejemplares emergieron de las prepupas (Anis y Hayat 1998). En Texas, Gilreath y Smith (1988) recolectaron a *Ho. cockerelli* en larvas y pupas de *H. trifurcata* sobre nopales infestados con *D. confusus* (Cokerell, 1893). Y también se recolectó de larvas de *Hyperaspidius vittigerus* (Le Conte, 1852) en EE.UU. y México, hospedero reportado erróneamente como *Hyperaspidius trimaculata* por Timberlake (1919) y como *Hyperaspis trimaculata* por Thompson (1955), ambos registros corregidos por Gordon (1985). Al parecer, *Ho. cockerelli* no sólo se asocia con coccinélidos depredadores de cochinitas de nopal, ya que también se recolectó en ambientes de pastizal sin presencia de nopales (Trjapitzin y Ruiz-Cancino 2001).

En el presente estudio se registraron 222 individuos de *Ho. cockerelli* emergidos de 65 larvas durante 2008, presentándose con mayor frecuencia tres adultos de *Ho. cockerelli*/larva. Mientras que en el 2009 se recolectaron 172 individuos procedentes de 44 larvas con más casos de larvas con 4 y 6 parasitoides/larva, rango semejante al reportado para *Ho. flaminus* (Dalman, 1920) sobre *Coccinella septempunctata* L., 1758 (Iperti 1964). Por otro lado, en ambos años se presentaron 18 pupas parasitadas, de las cuales emergieron 42 y 53 individuos de *Ho. cockerelli*, respectivamente, registrándose en 2009 una mayor frecuencia en la emergencia de 4 parasitoides/pupa. Algunos trabajos en laboratorio podrían explicar, mediante densidades de presa y hembras competidoras, las condiciones para que se desarrollen estas estrategias de parasitismo.

El pteromárido *Pachyneuron* sp. fue el segundo himenóptero más frecuente, éste se presentó con mayor incidencia sobre pupas en los primeros meses del año. La especie *P. mucronatum* Gilrault, 1917 se menciona como un posible hiperparasitoide de larvas de *H. trifurcata* en Texas, EE.UU. (Gilreath y Smith 1988); estos autores lo consideraron parasitismo accidental, debido a que su hospedero común fue el díptero *Leucopis bellula* Williston, 1888. Este díptero es un enemigo natural de dactilópodos que también está presente en México (Rodríguez-Leyva *et al.* 2010) y en el área de Tlalnepantla, Morelos (Vanegas-Rico *et al.* 2010). El complejo

**Tabla1.** Emergencia de *Hyperaspis trifurcata* y sus parasitoides a partir de inmaduros recolectados en Tlalnepantla, Morelos, México. Febrero a junio de 2008 y 2009.

Año	Organismos recolectados		Porcentaje de emergencia										
			<i>H. trifurcata</i>		<i>Ho. Cockerelli</i>			<i>Pachyneuron</i> sp.			<i>Tetrastichus</i> sp.		
mes	larva	pupa	larva	pupa	larva	pupa	total	larva	pupa	total	larva	pupa	total
2008													
Feb	40	14	85,0	64,3	10,0	7,1	9,3	5,0	28,6	11,1	0,0	0,0	0,0
Mar	34	10	82,4	60,0	17,6	40,0	22,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abr	138	29	84,8	82,8	15,2	17,2	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
May	52	14	59,6	78,6	38,5	14,3	33,3	0,0	7,1	1,5	1,9	0,0	1,5
Jun	57	9	71,9	33,3	24,6	66,7	30,3	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	3,0
2009													
Feb	7	2	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	22,2	0,0	0,0	0,0
Mar	3	1	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abr	49	29	79,6	89,7	20,4	10,3	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
May	78	56	57,7	82,1	35,9	16,1	27,6	3,8	1,8	3,0	2,6	0,0	1,5
Jun	28	31	78,6	80,6	21,4	19,4	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tabla 2.** Coccinélidos asociados a dactilópodos (Hemiptera: Dactylopiidae) en el centro de México.

Subfamilia/ Tribu / Especie	Presencia (estado de desarrollo)	Estado/Localidad
Coccinellinae		
Chilocorini		
<i>Chilocorus cacti</i> Linnaeus, 1767	<i>D. opuntiae</i>	(T) Distrito Federal/Milpa Alta /Tláhuac
	<i>Dactylopius</i> sp. <sup>1</sup>	Distrito Federal/Milpa Alta
	<i>D. opuntiae</i>	(T) México
	<i>D. opuntiae</i>	(T) Morelos/Tlalnepantla
Coccinellini		
<i>Cycloneda sanguinea</i> Linnaeus, 1763	<i>Dactylopius</i> sp. <sup>1</sup>	Distrito Federal/Milpa Alta
<i>C. emarginata</i> (Mulsant, 1850)	<i>D. opuntiae</i>	(N,A) Morelos/Tlalnepantla
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas, 1773)	<i>D. opuntiae</i>	(N,A) México/Texcoco
Hyperaspidini		
<i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer, 1905	<i>Dactylopius</i> sp. <sup>1</sup>	Distrito Federal/Milpa Alta
<i>H. trifurcata</i>	<i>D. opuntiae</i>	(T) Distrito Federal/Milpa Alta
<i>H. trifurcata</i>	<i>D. opuntiae</i>	(T) México
<i>H. trifurcata</i>	<i>D. opuntiae</i>	(T) Morelos
Scymninae		
Scymnini		
<i>Nephus</i> sp.	<i>D. opuntiae</i>	H Morelos/Tlalnepantla
<i>Nephus schwarzi</i> Gordon, 1976	<i>D. opuntiae</i>	H,N Morelos/Tlalnepantla
<i>Scymnus lousiana</i> J. Chapin, 1973	<i>D. opuntiae</i>	H,N Morelos/Tlalnepantla

Los estados de desarrollo de los dactilópodos se abrevian como A = adultas, H = huevos, N = ninfas, T = todos.

<sup>1</sup> Ejemplares no determinados a especie, y que correspondieron a los datos de colecta en la colección de Coccinellidae del INIFAP, Celaya, Guanajuato, México.

de parasitoides asociados a *Homalotylus* incluye a *Pachyneuron* que se comporta como parasitoide primario y secundario (Noyes 2014). Algunos estudios en campo sugieren que *Pachyneuron afidis* (Bouché, 1834) y *P. muscarum* L., 1758 posiblemente se desarrollan como parasitoides facultativos de coccinélidos y sus encártidos asociados, entre ellos *Ho. flaminus* (Muştu *et al.* 2010). Se requieren de estudios de laboratorio que confirmen la estrategia reproductiva de esta especie, como ocurrió con *P. crassiculme* Waterston, 1922, sobre la que se demostró su papel como hiperparasitoide obligado del encártido *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam y Agarwal, 1975) y su parasitismo ocasional sobre el eulófido *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922), los cuales son enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama 1908; (Blistine-East y Hoddle, 2014). La importancia de *Pachyneuron* como parte de un complejo de parasitoides, pudiera propiciar efectos negativos en las poblaciones de enemigos naturales de dactilópodos. Las recolectas de *Pachyneuron* en larvas y pupas de *H. trifurcata*, en adición con otras observaciones realizadas en nopales de México (Vanegas- Rico datos sin publicar), sugieren que este pteromáldo se desarrolla como parasitoide primario en *L. bellula*, e hiperparasitoide de *Ho. cockerelli*.

El eulófido *Tetrastichus* sp. se recolectó esporádicamente sobre larvas de *H. trifurcata* ( $\leq 0.8\%$ ), semejante a lo reportado en *Coccinella septempunctata* (Iperti, 1964). La presencia de *Tetrastichus* en 2009 coincidió con los meses de mayor densidad poblacional de *D. opuntiae*, *H. trifurcata* y *Ho. cockerelli*, característica reportada en otros Tetrastichinae (Ceryngier y Hodek 1996). El género *Tetrastichus* es

diverso y de difícil determinación específica (Hodek 1973); reconociéndose sólo cinco especies y varias morfoespecies asociadas a coccinélidos (Noyes 2014). La emergencia de *Tetrastichus* fue 5 a 7 individuos/huésped, lo cual fue semejante a lo reportado en *Chilocorus* sp. (Telenga 1948 citado por Hodek 1973). La proporción de individuos emergidos y su tamaño (menor en comparación con los otros dos parasitoides recolectados de *H. trifurcata*), pudiera sugerir que se trata de parasitoides terciarios y cuaternarios (Kfir y Rosen 1981). Las observaciones de laboratorio de Gilreath y Smith (1988) y Moore y Kfir (1995), así como las propias durante el desarrollo de la investigación, permiten sugerir que *Tetrastichus* sp. se comporta como un hiperparasitoide sobre *Ho. cockerelli* y *Pachyneuron* sp.

**Otros coccinélidos.** La revisión del material de referencia sobre coccinélidos depredadores de dactilópodos en la región central de México, en adición con los muestreos realizados en el presente estudio, sumaron ocho especies, agrupadas en dos subfamilias, cuatro tribus y seis géneros (Tabla 2). De las cuales *H. trifurcata* y *Chilocorus cacti* Linnaeus, 1767 son las especies más comunes. *H. trifurcata* se reporta como enemigo natural de dactilópodos como *D. coccus* Costa y *D. opuntiae* en México (Aldama-Aguilera *et al.* 2005), y *D. confusus* (Cockerell) en EE.UU. (Hunter *et al.* 1912; Gilreath y Smith 1988) y *Dactylopius* spp. en Norteamérica (Mann 1969). La presencia de *C. cacti* fue escasa en los huertos de Tlalnepantla durante 2008 y 2009, sólo se recolectaron dos ejemplares. A diferencia de Milpa Alta (sur de la Ciudad de México), donde se recolectaron aproximadamente 112 adul-

tos. *C. cacti* es un coccidófago generalista que se reporta sobre varias especies de escamas de México (Vanegas-Rico *et al.* 2010), y se ha utilizado en programas de control biológico en América (Bennett 1960) y África (Hattingh y Samways 1994). Además, en el presente estudio se recolectaron larvas de los coccinélidos *Nephus* sp., *N. schwarzi* Gordon, 1976 y *Scymnus louisianae* Chapin, 1973 dentro de las colonias de *D. opuntiae*, y se desarrollaron como adultos en laboratorio alimentados exclusivamente con ninfas del dactilópido. Las demás especies, *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763), *C. emarginata* (Mulsant, 1850) y *Harmonia axyridis* (Pallas, 1772) se observaron en estado adulto alimentándose esporádicamente de ninfas o hembras adultas de esta plaga. *C. sanguinea* se reportó previamente en la zona, alimentándose sólo de néctar de los cladodios (Vanegas-Rico *et al.* 2010), su presencia aumentó en los cladodios cuando la vegetación circundante se eliminó.

### Conclusiones

El depredador *H. trifurcata* fue el coccinélido más frecuente y abundante en los huertos de Tlalnepantla, Morelos, durante los dos años de muestreo. En estos se obtuvieron tres parasitoides sobre ejemplares inmaduros de este coccinélido: *Ho. cockerelli*, *Pachyneuron* sp. y *Tetrastichus* sp. El encirtido *Ho. cockerelli* fue el más frecuente y en ambos años su densidad poblacional representó 89% de los parasitoides. *Ho. cockerelli* se desarrolló como parasitoide primario de larvas y posiblemente de larva-pupa con porcentajes de parasitismo de 0 a 46,2%. Se sugiere que *Pachyneuron* sp. es un hiperparasitoide de *Ho. cockerelli*, recolectándose con mayor frecuencia en pupas, mientras que el género *Tetrastichus* pudiera ser hiperparasitoide de *Ho. cockerelli* y *Pachyneuron*. Las densidades poblacionales de adultos de la plaga *D. opuntiae* y su depredador *H. trifurcata* disminuyeron en 2009 con relación al año anterior, su promedio fue distinto entre años pero fue similar en el porcentaje de emergencia. Es muy probable que el manejo en los huertos, la precipitación y humedad fueran factores adversos durante el periodo intermedio entre las recolectas de 2008 y 2009. Se observó que al disminuir la abundancia del coccinélido *H. trifurcata*, descendió el número de organismos parasitados, aunque en menor proporción, pero aumentó la cantidad de ejemplares emergidos/hospedero en las tres especies de parasitoides. Por otra parte, se obtuvieron ocho especies de coccinélidos, de los cuales *Cycloneda sanguinea*, *Cy. emarginata*, *Harmonia axyridis* y *N. schwarzi* se reportan por primera vez como depredadores de *D. opuntiae*. Sólo las especies *C. cacti*, *H. trifurcata*, *N. schwarzi*, *Scymnus* sp. y *S. louisianae* se desarrollaron alimentándose de *D. opuntiae*, las demás especies probablemente utilizan a los dactilópidos como fuente de alimento alternativo y no hay seguridad que puedan completar su ciclo alimentándose exclusivamente de *D. opuntiae*.

### Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) por la beca completa para sus estudios de Doctorado. Asimismo, se agradece al Dr. Steve Heydon (Universidad de California in Davis, California, EE.UU.) por la identificación de los ejemplares de Pteromalidae, y los revisores anónimos del manuscrito que, con sus comentarios, enriquecieron este trabajo.

### Literatura citada

- ALDAMA-AGUILERA, C.; LLANDERAL-CÁZARES, C.; SOTO-HERNÁNDEZ, M.; CASTILLO-MÁRQUEZ, L. E. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia* 39 (2): 161-171.
- ANIS, S. B.; HAYAT, M. 1998. The indian species of *Homalotylus* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Oriental Insects* 32: 191-218.
- BADII, M. H.; FLORES, A. E. 2001. Prickly pear cacti pests and their control in Mexico. *Florida Entomologist* 84 (4): 503-505.
- BAYOUMY, M. H. 2011. Foraging behavior of the coccinellid *Nephus includens* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with particular emphasis on larval parasitism. *Environmental Entomology* 40 (4): 835-843.
- BEN-DOV, Y.; MILLER, D. R.; GIBSON, G. A. P. 2001. ScaleNet, scales in a country query results. Disponible en: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalecgi/distrib.exe?Family=Dactylopiidae &genus=Dactylopius&species=opuntiae&subspecies=&intro=A>. [Fecha revisión: 04 septiembre 2014].
- BENNETT, F. D. 1960. Biological control of insect pest in Bermuda. *Bulletin of Entomological Research* 50 (3): 423-436.
- BLISTINE-EAST, A.; HODDLE, M. S. 2014. *Chartocerus* sp. (Hymenoptera: Signiphoridae) and *Pachyneuron crassiculme* (Hymenoptera: Pteromalidae) are obligate hyperparasitoids of *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae) and possibly *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Florida Entomologist* 97 (2): 562-566.
- CERYNGIER, P.; HODEK, I. 1996. Enemies of Coccinellidae. pp. 319-350. En: Hodek, I.; Honěk, A. (Eds.). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers. Holanda. 464 p.
- CHÁVEZ-MORENO, C. K.; TECANTE, A.; CASAS, A.; CLAPS L. E. 2011. Distribution and habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti hosts (Cactaceae: Opuntioideae). *Neotropical Entomology* 40 (1): 62-71.
- CORRALES-GARCÍA, J. 2009. Industrialization of cactus pads and fruit in Mexico: Challenges and perspectives. *Acta Horticulturae* 811: 103-112.
- FLORES, A.; OLVERA, H.; RODRÍGUEZ, S. BARRANCO, J. 2013. Predation potential of *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) to the prickly pear cacti pest *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Neotropical Entomology* 42 (4): 407-411.
- GILREATH, M. E.; SMITH, J. W. Jr. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae): exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (cactaceae). *Environmental Entomology* 17: 730-738.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; REIMER, N. J.; JOHNSON, M. W. 1999. Survey of the natural enemies of *Dysmicoccus mealybugs* on pineapple in Hawaii. *Biocontrol* 44 (1): 47-58.
- GORDON, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society* 93 (1): 1-912.
- GRIFFITH, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany* 91: 1915-1921.
- HATTINGH, V.; SAMWAYS, M. J. 1994. Physiological and behavioral characteristics of *Chilocorus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) in the laboratory relative to effectiveness in the field as biocontrol agents. *Journal of Economic Entomology* 87: 31-38.
- HODEK, I. 1973. *Biology of Coccinellidae*. Springer, Holanda. 260 p.
- HUNTER, W. D.; PRATT, F. C.; NITCHELL, J. D. 1912. The principal cactus insects of the United States. *Bulletin of USDA Bureau of Entomology* No. 113.
- IPERTI, G. 1964. Les parasites des coccinelles aphidiphages dans les Alpes-maritimes et les basses-Alpes. *Entomophaga* 9 (2): 153-180.

- KFIR R.; ROSEN, D. 1981. Biology of the Hyperparasite *Pachyneuron concolor* (Förster) (Hymenoptera: Pteromalidae) reared on *Microterys flavus* (Howard) in brown soft scale. Journal of Entomological Society of South Africa 44: 131-139.
- LE HOUÉROU, H. N. 1996. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. Journal of Arid Environment 33: 135-159.
- MANN J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. U.S. Natural Museum Bulletin 256: 1-158.
- MOORE, S. D.; KFIR, R. 1995. Host preference of the facultative hyperparasitoid *Tetrastichus howardi* (Hym.: Eulophidae). Entomophaga 40 (1): 69-76.
- MUŞTU, M.; KILINÇER, N.; KAYDAN, B.; JOPOSHVILI. 2010. Preliminary investigations on larvae and pupae parasitoids of Coccinellidae family in Ankara Province. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences 20: 1-5.
- NOBEL, P. S. 2002. Cacti: biology and uses. University of California Press. California. EEUU. 280 p.
- NOYES, J. S. 2014. Universal Chalcidoidea Database. Chalcidoid associates of named taxon: *Homalotylus*. Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. [Fecha revisión: 04 septiembre 2014].
- PORTILLO, L. 2008. *Dactylopius opuntiae*: una especie en peligro de expansión. pp. 69-73. En: Llanderal, C.; Zetina, D. H.; Viguera, A. L.; Portillo, L. (Eds.). Grana Cochinilla y Colorantes Naturales. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 123 p.
- PORTILLO, L.; VIGUERAS, A. V. 2006. A review on the cochineal species in Mexico, host and natural enemies. Acta Horticulturae 728: 249-256.
- RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; LOMELI-FLORES, J. R.; VANEGAS-RICO, J. M. 2010. Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae). pp. 101-112. En: Portillo L.; Viguera, A. L. (Eds.). Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 228 p.
- SÁENZ, C.; BERGER, H.; CORRALES, J.; GALLETI, L.; GARCÍA, V.; HIGUERA, I.; MONDRAGÓN C.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; SEPÚLVEDA, E.; VARNERO, M. T. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO FAO-CACTUSNET No. 162, 182 p.
- SIAP. 2013. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA Ciclo: cíclicos-perennes 2013. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. [Fecha revisión: 04 septiembre 2014].
- STINTZING, F. C.; CARLE, R. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. Molecular Nutrition & Food Research 49: 175-194.
- TIMBERLAKE, P. H. 1919. Revision of the parasitic chalcidoid flies of the genera *Homalotylus* Mayr and *Isodromus* Howard, with descriptions of two closely related genera. Proceedings of the United States National Museum 56: 133-194.
- THOMPSON, W. R. 1955. A catalogue of the parasites and predators of insect pests. Section 2. Host parasite catalogue, Part 3. Hosts of the Hymenoptera (Calliceratid to Evaniid). p. 253. Commonwealth Agricultural Bureaux, The Commonwealth Institute of Biological Control, Ottawa, Ontario, Canada.
- TRJAPITZIN, V. A.; RUIZ-CANCINO, E. 2001. *Homalotylus cokerelli* Timberlake (Hymenoptera: Encyrtidae) in México. Southwestern Entomologist 26 (4): 377-378.
- VANEGAS-RICO, J. M., LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; MORA-AGUILERA G.; VALDEZ, J. M. 2010. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 26: 415-433.
- YINON, U. 1969. The natural enemies of the armored scale lady-beetle *Chilocorus bipustulatus* (Col. Coccinellidae). Entomophaga 14 (3): 321-328.
- ZIMMERMANN, H. G.; GRANATA, G. 2002. Insect pest and diseases. pp. 235-254. En: Nobel, P. S. (Ed.). Cacti: biology and uses. University of California Press. California. EEUU 280 p.

Recibido: 20-oct-2014 • Aceptado: 28-oct-2015

Citación sugerida:

VANEGAS-RICO, J. M.; LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; PÉREZ-PANDURO, A.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; MARÍN-JARILLO, A. 2015. *Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) y sus parasitoides en el centro de México. Revista Colombiana de Entomología 41 (2): 194-199. Julio - Diciembre 2015. ISSN 0120-0488.