

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**“Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell)
y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos”**

JUAN MANUEL VANEGAS RICO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis titulada: **Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos** realizada por el alumno Juan Manuel Vanegas Rico, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: **DR. JOSÉ REFUGIO LOMELI FLORES**

ASESOR: **DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA**

ASESOR: **DR. GUSTAVO MORA AGUILERA**

ASESOR: **M.C. JORGE VALDEZ CARRASCO**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre 2009

DINÁMICA POBLACIONAL DE *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN TLALNEPANTLA, MORELOS

Juan Manuel Vanegas Rico, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2009

Resumen

Las “cochinillas del nopal” (Hemiptera: Dactylopiidae), son plagas primarias en los cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) en la parte central de México y no hay un método satisfactorio para su manejo. Los estudios sobre su identidad taxonómica y sus enemigos naturales son escasos y no existen trabajos sobre su dinámica poblacional y factores de regulación. En el presente trabajo se planteó conocer las especies presentes de *Dactylopius* y sus enemigos naturales, además de conocer sus dinámicas poblacionales y el efecto de los enemigos naturales y factores climáticos en una de las áreas de mayor producción de nopal verdura en México (Tlalnepantla, Morelos). Se seleccionaron 30 sitios distribuidos en esta región para conocer las especies de cochinilla presentes. Además, se establecieron cinco sitios de muestreo sistemático, cada dos semanas, de enemigos naturales durante un periodo anual (febrero 2008 a 2009). Se consideraron los factores abióticos: temperatura (máxima y mínima) y precipitación para el análisis de correlación con la presencia de la cochinilla y sus enemigos naturales. Ejemplares de la cochinilla y sus enemigos se enviaron a expertos de cada grupo para su determinación. La cochinilla *Dactylopius opuntiae* fue la única especie en la región y se observó durante todo el periodo de muestreo, sus poblaciones se incrementaron en febrero y alcanzaron su mayor infestación entre marzo y mayo, posteriormente disminuyeron hasta alcanzar su nivel más bajo en enero. Los enemigos naturales en orden de abundancia (%) fueron: *Leucopis bellula* (44.74), *Symphorobius barberi* (25.12), *Laetilia coccidivora* (17.89), *Hyperaspis trifurcata* (12.25), *Salpingogaster cochenillivorus* (0.18), *Symphorobius angustus* (0.03) y *Chilocorus cacti* (0.03), de los cuales *L. bellula* y *S. barberi* sobresalieron por su abundancia. La temperatura máxima fue un factor que se correlacionó positivamente con el incremento de *D. opuntiae*, la lluvia en conjunto con otros factores, inherentes al manejo heterogéneo de los cultivos, fueron elementos relevantes en las fluctuaciones poblacionales de la cochinilla y sus enemigos naturales.

Palabras clave: control biológico, depredadores nativos,

DYNAMIC POPULATION OF *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) AND ITS NATURAL
ENEMIES IN TLALNEPANTLA, MORELOS

Juan Manuel Vanegas Rico, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2009

Abstract

In Central Mexico cochineals (Hemiptera: Dactylopiidae) are primary pest of “nopalitos”, which are immature edible cactus pads (*Opuntia ficus-indica*), and there is not an important tool for its management. On the other hand, taxonomic identity, natural enemies and populations dynamics about this pest are rare in many places in Mexico, including those where the crop has an economic impact on the population such as Tlalnepantla, Morelos. The objective of this work was to identify *Dactylopius* species, its natural enemies and population dynamics at Tlalnepantla. We also wanted to correlate some climatic factors on the insect population. We selected 30 sites all along that region to collect and to identify *Dactylopius* species. In order to monitor its natural enemies we visited and collected them systematically at five places, every other week, from February 2008 to February 2009. Specimens of pest and natural enemies were sent to identify with specialists of each group. We collected data on temperature and precipitation and we did some correlations on abiotic factors and insect population dynamics. *Dactylopius opuntiae* was the only species recovered. It was present any time of the year, but it began to increase on February, it reached its highest populations between March and May, and it declined on January. Following abundance *Dactylopius* predators (%), we found *Leucopis bellula* (44.74), *Sympherobius barberi* (25.12), *Laetilia coccidivora* (17.89), *Hyperaspis trifurcata* (12.25), *Salpingogaster cochenillivorus* (0.18), *Sympherobius angustus* (0.03) y *Chilocorus cacti* (0.03). *L. bellula* y *S. barberi* were the most abundant any time the year. High temperatures correlated with high populations of *D. opuntiae*, but rain and management practices, such as pesticides used and pruning, were important to affect the pest and natural enemies populations.

Key words: Biological control, predators

DEDICATORIA

A MAMÁ

Por su cariño y cuidados. Una futura abuela feliz.

A PAPÁ

Por el ejemplo y por preocuparse aún con la distancia existente. Un futuro abuelo feliz.

A MI HERMANA

Por la genialidad y sincronía que siempre hemos tenido. Una futura tía consentidora.

A MIS ABUES GILBERTA Y MANUELA (Q.E.P)

A MI TIA JUANITA

Espero y todo se resuelva y ella descansa feliz.

A MI NIÑA

A quién amo y me ha regalado una enorme dicha y felicidad. En este tiempo maravilloso como esposos eres mi novia, esposa, amiga, compañera bióloga y con quien deseo estar y compartir toda mi vida y sueños

A MI BEBÉ

A ese pequeño ajolotito patidor que viene en camino. Una hermosa y cachetona bebé, fruto de nuestro amor.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT* el apoyo económico brindado para la realización de los estudios e investigación.

De igual manera se agradece el apoyo otorgado por el *Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología COMECYT*, para la culminación de la tesis.

Como se describió en la dedicatoria de licenciatura, es posible encontrar en el entorno humano una especie de “ecosistema social”, donde se aprecian organismos depredadores, presas, mutualistas y parásitos. El Colegio de Postgraduados (CP) es un ecosistema diferente al de Iztacala, partiendo de que la subespecie *biologus* Vanegas nov. sp., no es tan abundante en Texcoco, en contraste la subespecie *chapinguense* Vanegas nov. sp. parece tener mejor adaptación al entorno que ofrece el CP.

De acuerdo con León (coms. pers., 2009) la subespecie *chapinguense* se divide en variedad *chapinguera in stricto* (cuyas características morfológicas denotan una cuadrícula en tórax y abdomen, una estructura picuda que protege los pulvi y que tiene forma de hocico de marrano o puntiaguda, la cual se piensa le brinda apoyo ergonómico para movimientos cadenciosos con ritmos de tamborazo) y la subespecie *non suscrita* Vanegas y León, la cual refiere a toda aquella subespecie que no presenta las características anteriores y gusta de otros adornos cuticulares y sobretodo presenta un mejor sentido auditivo y reacciona a otros ritmos, esta variedad no es nativa de Texcoco.

Una vez especificado tales diferencias (por sugerencia de León (2009), se menciona que las cadenas tróficas sociales continúan con patrones similares a los observados por Vanegas-Rico en los verdes prados de Iztacala. Es probable que la diversidad de la vegetación y los factores abióticos tengan un efecto en ambas poblaciones, sin embargo se requieren más estudios para apoyar esta hipótesis, además de que se desvía la idea inicial (seguramente el Dr. Esteban ya habrá dado cuenta de ello, si está leyendo esta sección claro, lo cual está en duda conociéndolo). Para evitar páginas innecesarias eliminaré de este escrito a las especies parásitas y antagonistas (como el sujeto gordo del conflicto de la huelga), así que sólo mencionaré ejemplos positivos de acuerdo con estudios ecológicos que refieren a ejemplos de simbiosis.

Bien, empezaré por agradecer a mis nuevos padres académicos los doctores **Cuco** y **Esteban**, pues aunque mi consejero fue el Dr. cuco, ambos se comportaron siempre como unos padres académicos inmejorables. En este caso existe una ejemplificación perfecta para mencionar el concepto de *cooperativismo*, el cual involucra la participación de dos especies que interactúan de forma tal que ambos tienen un efecto positivo. Durante esta formación académica aprendí varias cosas y reconozco que aún restan por aprender buena parte de sus enseñanzas. Es un honor ser el primer hijo académico de ambos.

Agradezco a **Yorchda** uno de los maestros jedi más poderosos del sistema texcocano y poseedor de una enorme cantidad de miclodianos-pixel. Espero poder aprender las artes ocultas de la fotografía científica y su edición. Algún día tendré los conocimientos morfológicos y de diseño que él tiene, es una gran persona y modelo a seguir, además de preparar muy buena comida.

El **Dr. Mora** es un personaje interesante, particularmente su desenvolvimiento en charlas científicas y en tardes de café (quizá estas últimas un tanto cuanto colgadas, pero buenas). La idea de conformar un equipo de trabajo como el GIIN (desafortunadamente ahora GIIC) es algo que retomaré con colegas en el futuro. Agradezco su invitación para formar parte de su equipo de trabajo en el proyecto de cítricos.

Por otra parte existen especies conespecíficas con las cuales se desarrolló un ambiente agradable dentro del CP y en el ámbito personal.

Del ecosistema CP, agradeceré a **Imelda** por su simpatía, cordialidad, amabilidad, alegría y tantos días de vernos y pasar un momento agradable en el laboratorio. Espero se anime y pronto hayan imelditas o javiersillos.

A la conse del laboratorio a la niña **Choconuvia** por ser un ejemplo de sencillez, ternura, dedicación y de una gran belleza interna y externa también (pero no se la digo por que se chivea). He aquí una ejemplificación del **amensalismo** doble, el cual establece que una especie (nuvia) ayuda a otras especies (casi medio CP) los cuales obtienen un beneficio y ella por su parte no se beneficia, el término “doble” es porque también se “amensa” en el sentido literal y todo mundo la agarra de su puerquito (incluidos algunos doctores) para resolverles sus dilemas existenciales. Afortunadamente ve mejor las cosas y ahora hace las cosas por decisión y no por compromiso. He de aceptar que es una buena alumna en el arte del valequesismo aunque un poco encajosa con su maestro (seña de que va aprendiendo, pero eso no le quita lo encajosa). Espero algún día trabajemos juntos en algún proyecto.

Al buen **Martín** por su amena presencia, a **Liana** por momentos de dialogo dactilopidesco y música poco comercial. Al **Oicar** por el buen humor y chistes.

Al buen **Fabián** por su amabilidad y arte literario interesante.

Al **Dr Romero Nápoles** por sus clases, opiniones y ejemplo a seguir como taxónomo.

Al **Dr Héctor González** por enseñarme las artes oscuras del montaje de cochinillas y por inviarme a participar en el proyecto de ahucates.

A todos los doctores que contribuyeron en mi formación como entomólogo y taxónomo.

Fuera del ambiente de los pastos altos y tecolotes de suelo, proseguiré a mencionar a aquellos que contribuyeron de una forma no técnica ni entomológica a mi salud mental. Por su puesto no espero que todos los que comenzaron a leer esta sección aún continúen en esta sección.

Al buen charolastra y ahora maestro en ciencias oscuras de farmacología y toxicología. El joven (aunque ya bastante canosón) **Ponchop**. Por su puesto en la naturaleza existen organismos forontes y la **micsizoa** es una especie conocida por su hábito *foronte* y hábito ponchófago. Y ahora más, pues próximamente tras un anunciado y conocido arejuntamiento estarán juntos y felices.

A **Mina** por su amistad y ayuda en todo momento desde hace más de diez años.

A miya oaxaqueña **Aida** que mantiene su idea de estudiar murciélagos y hacer las cosas como buena bióloga.

la famosa **WAMA** quién aún me hecha porras y tiene siempre pero siempre una actitud positiva hacia las adversidades. Agradezco su apoyo para la identificación de las malezas de los cultivos de nopal. Espero trabajar en algún proyecto con él, así como también que ahora si reciba mi regalos atrasados de navidad que me debe y se discuta con una noche buena de las que siembra.

A mi hermano del alma **Oscar** compañero de tertulias. El mejor y más grande a mi que podré tener.

A todo el ACARI TEAM principiando por la master **Pati**, quién está en formación oscura con ácaros. A mi hemanota exhormigologa que la quiero mucho.

Al **Chucho**, por todos esos ratos de despapalle y los científicos que fueron, son y vendrán.

Al **Laluco** y señora de **Saruka** por su apoyo y amistad wookie (lo de woowie aplica sólo pal Lalo).

CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. Revisión de Literatura	
1.1 <i>Opuntia ficus-indica</i>	4
1.1.1 Origen y distribución.....	4
1.1.2 Importancia y usos de <i>Opuntia</i>	5
1.1.2.1 Alimento y forraje.....	5
1.1.2.2 Conservación de suelos.....	7
1.1.2.3 Aspectos relacionados con salud.....	7
1.1.2.4 Coccicultura.....	8
1.1.3 Plagas.....	9
1.2 <i>Dactylopius opuntiae</i>	11
1.2.1 Origen y hospederos.....	11
1.2.2 Taxonomía.....	11
1.2.3 Biología de <i>Dactylopius</i>	13
1.2.4 Daño sobre <i>Opuntia ficus-indica</i> e importancia.....	16
1.2.5 Distribución de <i>D. opuntiae</i>	17
1.2.6 Algunos aspectos sobre manejo de <i>D. opuntiae</i>	17
1.2.6.1 Control cultural.....	17
1.2.6.2 Control mecánico.....	18
1.2.6.3 Control genético.....	18
1.2.6.4 Control químico.....	18
1.2.6.5 Control biológico.....	19
1.2.7 Enemigos naturales de <i>D. opuntiae</i>	19 x

CAPITULO II. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en Tlalnepantla, Morelos

2.1	Introducción.....	22
2.2	Materiales y método.....	25
2.2.1	Descripción de los sitios de muestreo.....	25
2.2.2	Determinación de <i>Dactylopius</i> spp.....	26
2.2.3	Recolecta de <i>Dactylopius</i> spp. y sus enemigos naturales.....	26
2.2.4	Abundancia de entomófagos por colonia y observación de su comportamiento.....	27
2.2.5	Determinación de especies de enemigos naturales.....	28
2.3	Resultados.....	29
2.3.1	Determinación de <i>Dactylopius</i> spp.....	29
2.3.2	Abundancia de entomófagos por colonia y observación de su comportamiento.....	30
2.3.3	Otros organismos asociados a <i>Opuntia ficus-indica</i> / <i>Dactylopius opuntiae</i>	33
2.4	Discusión.....	34
2.4.1	<i>Dactylopius opuntiae</i>	34
2.4.2	Enemigos naturales.....	34
2.4.3	Aspectos sobre biología y comportamiento de enemigos naturales.....	38
2.4.3.1	<i>Leucopis bellula</i> (Chamaemyiidae).....	38
2.4.3.2	<i>Chilocorus cacti</i> .(Coccinellidae).....	39
2.4.3.3	<i>Hyperaspis trifurcata</i> (Coccinellidae).....	40
2.4.3.4	<i>Symphorobius barberi</i> y <i>S. angustus</i> (Hemerobiidae).....	41
2.4.3.5	<i>Laetilia coccidivora</i> (Pyralidae).....	42
2.4.3.6	<i>Salpingogaster cochenillivorus</i> (Syrphidae).....	43

CAPÍTULO III. Dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos	
3.1	Introducción..... 46
3.2	Materiales y métodos..... 49
3.2.1	Área de estudio..... 49
3.2.2	Dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> y sus enemigos naturales..... 49
3.2.3	Efecto de factores abióticos en la dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> 50
3.3	Resultados..... 51
3.3.1	Dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> y sus enemigos naturales..... 58
3.3.2	Factores abióticos en la dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> . 58
3.3.3	Correlación de <i>Dactylopius opuntiae</i> y factores abióticos..... 59
3.4	Discusión..... 61
3.4.1	Dinámica poblacional..... 61
3.4.2	Correlación <i>D. opuntiae</i> , enemigos naturales y factores abióticos..... 63
3.4.3	Manejo del cultivo..... 66
CAPÍTULO IV. Literatura Citada..... 72	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Regionalización del cultivo de nopal verdura (<i>Opuntia ficus-indica</i>) en México.....	6
Cuadro 2. Lista comentada de artrópodos fitófagos en cultivos de nopal verdura en México.....	10
Cuadro 3. Reportes de enemigos naturales de <i>Dactylopius coccus</i> Costa en México.....	21
Cuadro 4. Reportes de enemigos naturales de <i>D. opuntiae</i> en México.....	21
Cuadro 5. Enemigos naturales de <i>Dactylopius opuntiae</i> de acuerdo a niveles de infestación sobre <i>O. ficus-indica</i> en Tlalnepantla, Morelos.....	30
Cuadro 6. Abundancia de enemigos naturales de <i>Dactylopius opuntiae</i> entre localidades de Tlalnepantla, Morelos.....	32
Cuadro 7. Alimentación de los depredadores de <i>Dactylopius opuntiae</i> observados en campo y laboratorio.....	30
Cuadro 8. Correlación de abundancia de enemigos naturales de <i>Dactylopius opuntiae</i> respecto a número de hembras adultas/colonia en Tlalnepantla, Morelos.....	57
Cuadro 9. Correlación de abundancia de enemigos naturales de <i>D. opuntiae</i> respecto a nivel de infestación de la cochinilla en Tlalnepantla, Morelos.....	58
Cuadro 10. Correlación de poblaciones de <i>D. opuntiae</i> y factores abióticos.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Dispersión de <i>Dactylopius opuntiae</i>	15
Figura 2.	Escala de infestación de <i>Dactylopius opuntiae</i> en cladodios de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	27
Figura 3.	Mapa de la región nopalera de Tlalnepantla, Morelos, México.....	45
Figura 4.	Dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> , sus depredadores <i>Leucopis bellula</i> y <i>Symphorobius barberi</i> y factores climáticos en Cinco localidades de Tlalnepantla, Morelos.....	54
Figura 5.	Dinámica poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> , sus depredadores <i>Laetilia</i> <i>coccidivora</i> e <i>Hyperaspis trifurcata</i> y factores climáticos en cinco localidades de Tlalnepantla, Morelos.....	55

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las cactáceas son plantas angiospermas endémicas del continente americano, incluyen cerca de 1600 especies agrupadas en 100 géneros distribuidos típicamente en zonas áridas y semiáridas (Barthlott y Hunt, 1993). México se considera uno de los centros de origen, domesticación y reservorio importante de diversas especies de cactáceas del género *Opuntia* conocidas comúnmente como nopales (Bravo, 1978; Griffith, 2004; Chávez-Moreno *et al.*, 2009), especies que tienen una importancia económica, social, cultural y ambiental decisiva en varias regiones de México y otros lugares del mundo.

Opuntia ficus-indica (L.) Miller, es una especie sobresaliente, ya que es la cactácea más importante en el mundo desde el punto de vista agronómico (Kiesling, 1999). Se utiliza como forraje, alimento humano, conservación de suelos, como fuente de productos y subproductos para la industria farmacéutica, cosmética, de la construcción y conservación en postcosecha, además se emplea para la producción de “grana cochinilla”, *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Coccoidea) como fuente de colorante natural (Pimienta, 1990; Bravo y Scheinvar, 1999; Corrales y Flores-Valdez, 2003; Delgado-Vargas y Paredes-López, 2003; Del-Valle *et al.*, 2005; Torres-Acosta 2007; Ayadi *et al.*, 2009).

Aunque el consumo humano está representado en la mayoría de los países por el consumo de los frutos en fresco (“tunas”), en México además de los frutos se consumen, desde tiempos prehispánicos, los cladodios jóvenes (“nopalitos”) como verdura (Flores-Valdez, 1995). México es el principal productor y consumidor de nopalitos en el mundo, sólo en

este país se siembran 11,950 ha de nopal verdura, cuya producción anual registra cifras superiores a las 680,000 t (SIAP, 2008).

En México, la producción de nopal verdura se concentra en la parte central del país, particularmente en el Distrito Federal (Delegación Milpa Alta) y Morelos (Municipio Tlalnepantla), ambas aportan cerca del 44 y 41% de la producción nacional, respectivamente (SIAP, 2008). La producción de *O. ficus-indica* en México presenta varios problemas, uno de los más importantes es la incidencia de diversas plagas. Entre las plagas de mayor importancia económica están los insectos de la familia Dactylopiidae, los cuales están presentes en prácticamente todas las regiones productoras y se conocen comúnmente como “cochinillas silvestres del nopal”. Estas cochinillas son uno de los factores bióticos más importantes que causan daño a nopalitos y frutos, succionan la savia de la planta, la debilitan, y favorecen el daño de agentes infecciosos, poblaciones elevadas ocasionan el desprendimiento de cladodios y frutos en etapa temprana del desarrollo.

Además de los daños directos de la cochinilla del nopal en la producción, existen problemas asociados a la presencia de esta plaga, tanto técnicos como productores recurren al uso de plaguicidas para su combate aún cuando no hay productos autorizados para su uso en nopal verdura (CICOPLAFEST, 2009). EL uso desmedido y mal manejo puede incrementar los riesgos de intoxicaciones a los productores o consumidores, o causar daños en el ambiente (Lagunes-Tejeda *et al.*, 2009) y a los enemigos naturales de esta y otras plagas del cultivo, rompiendo el balance que existe entre depredador-presa y propiciando la resurgencia de plagas primarias y/o aparición de nuevas plagas.

Debido a la importancia de la cochinilla del nopal como principal plaga en las regiones productora de nopal verdura en México, se necesitan ofrecer alternativas de manejo que disminuyan el uso de plaguicidas. El uso de enemigos naturales contra la cochinilla del nopal, dentro de un programa de manejo integrado de plagas, puede ofrecer ventajas comparadas con el control químico tradicional, especialmente en este cultivo que requiere menos insumos que algunas hortalizas. Pero los trabajos de investigación relacionados con este tema son limitados, y muchos de ellos carecen de corroboración taxonómica por los especialistas y no existen especímenes de referencia en colecciones de México. Adicionalmente, en la región más importante de producción de nopal verdura (Distrito Federal y Morelos), no existen estudios sobre la identidad taxonómica de las especies de cochinilla ni la de su enemigos naturales. Por esa razón, los objetivos de este trabajo fueron:

- a) Conocer las especies de cochinilla de nopal en la región de Tlalnepantla, Morelos.
- b) Identificar las especies de enemigos naturales de la cochinilla del nopal presente en el municipio de Tlalnepantla, Morelos.
- c) Determinar la dinámica poblacional de las cochinillas del nopal y la de sus enemigos naturales en esta zona.

CAPÍTULO I

Revisión de Literatura

1. *Opuntia ficus-indica*

1.1 Origen y distribución

Las cactáceas son un grupo de plantas perennes y suculentas nativas del continente americano que forman una de las más distintivas familias de angiospermas en América, con cerca de 1600 especies (Barthlott y Hunt, 1993). Sus sistemas morfológicos y fisiológicos las habilitan para soportar temperaturas elevadas (hasta 65 °C) y poca disponibilidad de agua (Nobel, 1988; Chessa *et al.*, 2002; Nobel y De la Barrera, 2003); sus tejidos conspicuos y eficiencia en almacenaje de agua (Ting, 1985; Nobel, 1988) y las hojas se desarrollaron como espinas para disminuir la evapotranspiración.

Dentro de las cactáceas, el género más importante es *Opuntia* (Britton y Rose, 1963), el cual es el más diverso con aproximadamente 350 especies. De las cuales 100 están en México (Bravo, 1978), país considerado centro para la divergencia y radiación de especies hacia el norte y sur del continente (Griffith, 2004). *Opuntia* se encuentra de Canadá hasta Argentina; por su distribución, dispersión y reproducción se considera como el género de cactáceas más exitoso (Reyes-Agüero *et al.*, 2006). Después de miles de años de selección y domesticación, *O. ficus-indica* (L.) Miller es la especie que más se utiliza para producción de frutos en México y en el mundo, y es la más importante para la producción de cladodios inmaduros (“nopal verdura” o “nopalitos”) que se consumen, principalmente, en México (Flores-Valdez, 1995) y algunos países del mundo (Kiesling, 1999).

1.1.2 Importancia y usos de *Opuntia*

1.1.2.1 Alimento y forraje

Opuntia ficus-indica es la especie que más se explota en el mundo, y se considera la cactácea de mayor importancia económica (Kiesling, 1999). Se puede usar como plantas de ornato, forraje, fruto, verdura, e incluso como huéspedes de insectos (*Dactylopius coccus* “grana cochinilla”) para producir colorante natural (Hoffmann, 1995). Algunas ocasiones puede usarse en la industria cosmética, alimenticia y farmacéutica (Sepúlveda *et al.*, 1995; Sâenz *et al.*, 2004; Reyes-Agüero *et al.*, 2006; Ayadi *et al.*, 2009;). Se siembra en países de América como: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Estados Unidos, México y Perú. En África se cultiva en Argelia, Etiopía, Libia, Marruecos y Sudáfrica (Haile *et al.*, 2002). En Asia: Israel. Mientras que Italia es el mayor productor europeo (Asciuto *et al.*, 1997).

El potencial forrajero de *O. ficus indica* se explota sobre todo en México (Nobel 1998; Anaya-Pérez, 2001), Brasil (Kiesling, 1999; Mondragón y Pérez, 2001;) y varios países africanos (de Kock, 2001; Tegegne, 2001; Tegegne 2007). Por fruto se explota en prácticamente todos los países señalados, aunque sobresalen México e Italia como el primer y segundo productor mundial (Asciuto *et al.*, 1997).

En México *O. ficus-indica* es importante en el aspecto social, económico y cultural, particularmente como verdura (“nopal verdura” o “nopalitos”), el cual se produce en tres sistemas: nopaleras silvestres, huertos familiares y plantaciones (Flores-Valdez y Olvera, 1995) Quizá por esta razón, México posee el mayor número de cultivares de nopal (Flores-Valdez y Gallegos 1993, 1995), además es el principal productor y consumidor de nopal

verdura en el mundo. En México se siembran 11,848 ha de nopal verdura y se obtienen 683,125 t anuales (SIAP, 2008). Su producción más elevada se localiza en la parte central del país, principalmente en el Distrito Federal (cerca del 41%), Morelos (cerca del 40%) y Estado de México (7.6 %) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Regionalización del cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) en México

Región del país	Estado	Área sembrada (Ha)	Producción (t)
Norte	Aguascalientes	198	8,871
	Baja California	689	13,903
	Baja California Sur	19	156
	Chihuahua	12	300
	Durango	75	1,805
	Nayarit	42	181
	San Luis Potosí	416	1,254
	Sinaloa	15	148
	Sonora	97.2	758
	Tamaulipas	597	4,654
Zacatecas	402	8,028	
Centro	Colima	11	207
	Guanajuato	240	5,366
	Distrito Federal	4,337	272,822
	Hidalgo	46	3,751
	Jalisco	497	14,514
	México	734	52,189
	Michoacán	281	7,539
	Morelos	2,737	273,138
	Puebla	165	11,150
	Querétaro	34	318
Tlaxcala	10	43	
Sur	Guerrero	9	118
	Oaxaca	109	1,254
	Veracruz	67	487
	Yucatán	5	147
		11,848	683, 125

Fuente SIAP 2008. Regionalización de acuerdo a posición geográfica. Criterio del autor.

1.1.2.2 Conservación de suelos

Los nopales se consideran plantas útiles para evitar la degradación de suelos y la especie *O. ficus indica* se propone como uno de los cultivos promisorios en zonas de Asia-África y en Argentina (Guevara *et al.*, 1997; Nefzaoui y Ben Salem, 2002). Investigaciones en el Mediterráneo revelaron un enriquecimiento de materia orgánica y nitrógeno en algunos suelos después de plantar *Opuntia* sp. (Le Houérou, 2002), cuyos valores oscilaron entre 40-200% en suelos agrícolas donde se introdujo esta especie (Monjauze y Le Houérou, 1965), algunos productores de esa zona la utilizan para protección de jardines y huerta además de plantarse en columnas para evitar la erosión; estas acciones se aplican en Ecuador, España Italia, y norte de África (Le Houérou, 1996, 2002; Matallo *et al.*, 2002). En México, desde 1980, se incorporó el uso de nopales como barreras biológicas para evitar erosión del suelo, algunas variedades de *O. ficus-indica* se emplean más respecto de otras especies de nopal con espinas por la facilidad de su manejo (Flores-Valdez, 2004).

1.1.2.3 Aspectos relacionados con salud

El mucílago de los nopales posee diversos componentes como fibras, pectinas, azúcares y antioxidantes, los cuales son objeto de diversos trabajos para su caracterización y uso potencial (Sáenz *et al.*, 2004; Nefzaoui *et al.*, 2008). El contenido de fibra de especies como *O. ficus-indica* se utilizan a manera de aditivos en productos alimenticios (Ayadi *et al.*, 2009).

El nopal en México y otros países del continente se utiliza tradicionalmente en el tratamiento de diversos padecimientos (Rodríguez-Fragoso *et al.*, 2008), ya que tienen propiedades tales como presencia de antioxidantes (Kuti, 2004), actividad anti-inflamatoria

(Wiese *et al.*, 2004; Palevitch *et al.*, 1994), anti-ulcérica y cicatrizante (Trovato, *et al.*, 2002), además de diurética (Galati *et al.*, 2002), dichas propiedades son útiles en tratamientos contra hipertrofia prostática (Palevitch *et al.*, 1994), diarrea, colitis, obesidad (Rodríguez-Fragoso *et al.*, 2008) y daños ocasionados por alcoholismo (Wiese, *et al.*, 2004) y diabetes (Shane-McWhorter, 2005). Estas propiedades de *O. ficus-indica* y otras especies del género incentivan la investigación de sus metabolitos secundarios (Saleem *et al.*, 2006).

1.1.2.4 Coccicultura

Desde tiempos prehispánicos en territorio mexicano se desarrolló la coccicultura, actividad basada en la cría de un insecto parásito del nopal conocido como “cochinilla fina del nopal” (*Dactylopius coccus* Costa), para la producción de un pigmento natural conocido como carmín, el cual se emplea en la industria farmacéutica, alimenticia, cosmetológica y en menor proporción en la textil (Lindberg *et al.*, 1993; Calvo y Salvador, 2002).

En la actualidad son pocos los países que la practican: En África, Sudáfrica y Etiopía; en América Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Guatemala, México y Perú, este último el principal productor del mundo; en Europa Islas canarias; y en Asia India y Sri Lanka (Portillo, 2009). Por el origen natural del carmín, el pigmento se aprovecha en la industria farmacéutica y alimentaria (Anónimo, 1967). La demanda del mercado supera su producción, lo que significa una oportunidad económica para países con grandes extensiones de zonas áridas en países como Sudáfrica y México (Brutsch y Zimmermann, 1993, 1995; Tovar *et al.*, 2005).

1.1.3 Plagas

Sobre el cultivo de nopal verdura (*O. ficus-indica*), al igual que en otras plantas, se desarrollan varios fitófagos que reducen su producción. Si bien es cierto que existen diversos fitófagos que pueden dañar al nopal verdura (Cuadro 2), la importancia de cada uno de ellos difiere de acuerdo a las condiciones climáticas y de manejo en las zonas de producción.

Los cultivos de Tlalnepantla, Morelos, difieren de otros cultivos de nopal por sus condiciones de humedad relativa alta y ausencia de bajas temperaturas en invierno, condiciones que favorecen la proliferación de algunas plagas y su daño al nopal verdura (Flores-Valdez, 1995). En esta zona productora de Morelos, la segunda en importancia nacional, se señaló particularmente la importancia de la cochinilla del nopal (*Dactylopius* spp.), el picudo del nopal (*Metamasius spinolae* Gyllenhal), y una enfermedad producida por hongos conocida como mancha negra, *Pseudocercospora opuntiae* (Colegio de Postgraduados, 2005).

Cuadro 2. Lista comentada de artrópodos fitófagos en cultivos de nopal verdura en México

Orden	Familia	Especie	Referencia
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Moneilema</i> spp.	10
		<i>Moleinema rugosipennis</i>	1
		<i>Moneilema variolaris</i> Thompson	1; 5; 7; 8
	Chrysomelidae	<i>Melanotus</i> spp.	5; 8; 10
		<i>Diabrotica</i> sp.	2; 7
		<i>Diabrotica balteata</i>	10
		<i>D. porracea</i>	
		<i>D. undecimpunctata</i>	
		<i>D. variegata</i>	
		<i>D. virgifera</i>	
	Curculionidae	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i> Champion	1; 5; 7; 8; 10; 11
		<i>Cylindrocopturus gangbauleri</i>	1
		<i>Metamasius (Cactophagus) spinolae</i> Gyllenhal	1; 2; 5; 7; 8; 9; 10; 11; 13
	Scarabaeidae	<i>Cotinis nitida</i> L.	5; 8
		<i>Phyllophaga</i> sp.	2; 5; 7; 8
<i>Strateagus julianus</i>		1	
Diptera	Cecydomiidae	<i>Asphondylia opuntiae</i> Felt	5
	Lonchaeidae	<i>Dasiops bennetti</i> Mc Alpine	5; 8; 10; 11
Hemiptera	Coreidae	<i>Chelinidea tabulata</i> Burmeister	2; 5; 7; 8; 10
		<i>Narnia femorata</i> Stal.	5; 8
	Miridae	<i>Hesperolabops gelastrops</i> Kirkaldy	2; 5; 7; 8; 10
	Miridae	<i>Hesperolabops nigriceps</i> Reuter	11; 15
	Dactylopiidae	<i>Dactylopius indicus</i> Green	2; 5; 7; 8; 9; 11
		<i>Dactylopius ceylonicus</i> (Green)	4
		<i>Dactylopius opuniae</i> (Cockerell)	10; 14
		<i>Diaspis echinocacti</i> (Bouché)	3; 5; 8
	Diaspididae	<i>Hemiberlesia cyanophylli</i>	11
		<i>Opuntiaspis philococcus</i> (Cockerell)	3; 5; 8; 11
<i>S/D</i>		5	
Lepidoptera	Gelechidae	<i>Acrobypia pleurodella</i> Walshingham	1; 3
	Gelechidae	<i>Metapleura potosi</i>	11
	Tortricidae	<i>Platynota</i> sp.	10; 11
	Pyralidae	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar	5; 7; 8; 10; 11
	Pyralidae	<i>Lanifera cyclades</i> Druce	1; 2; 5; 7; 8; 10; 11
	Prostigmata	Tetranychidae	<i>Tetranychus merganser</i> Boudreaux
Thysanoptera	Thripidae	<i>Sericothrips (=Neohydatothrips)</i> .	2; 5; 6; 7; 8; 11
		<i>Neohydatothrips opuntiae</i> (Hood)	

Fuente: 1) Muñiz, 1976; 2) Anónimo, 1981; 3) MacGregor y Gutiérrez, 1983; 4) Pimienta, 1990; 5) Hernández, 1993; 6) Longo y Rapisarda, 1995; 7) Badii y Flores 2003; 8) Flores-Valdez, 2003; 9) Colegio de Postgraduados, 2005; 10) Jarquín, 2007; 11) Delgadillo *et al.*, 2008; 12) Lomelí-Flores *et al.*, 2008; 13) Orduño-Cruz *et al.*, 2008 14) Vanegas-Rico *et al.*, 2008; 14) Palomares-Pérez *et al.*, 2010.

1.2 *Dactylopius opuntiae*

1.2.1 Origen y hospederos

Las cochinillas del nopal (*Dactylopius* spp.) son un grupo monogénico de insectos pertenecientes a la Superfamilia Coccoidea (Sternorrhyncha: Hemiptera) y a la familia Dactylopiidae (Pérez-Guerra y Kosztarab, 1992). Al igual que otras familias de escamas, Dactylopiidae se considera de importancia agrícola (Kosztarab, 1990). Las especies de *Dactylopius* poseen un cuerpo blando, cuyas estructuras cuticulares excretan cera blanquecina a modo de algodón (exceptuando a *D. coccus* cuya excreción semeja a talco). La cera recubre el cuerpo del insecto y lo protege contra depredadores, factores ambientales e incluso insecticidas (Tulloch, 1970; Morrison, citado por Moran *et al.*, 1987).

Dactylopiidae desarrolló una especificidad evolutiva con especies de cactáceas, principalmente con los géneros *Opuntia* y *Nopalea* (aunque algunos autores consideran a *Nopalea* dentro de *Opuntia*). También está asociada a otros géneros, tales como: *Cereus*, *Cleistocactus*, *Cylindropuntia*, *Denmoza*, *Echinopsis*, *Grusonia*, *Gymnocalycium*, *Harrisa*, *Maihuenia*, *Maihueniopsis*, *Mammillaria*, *Tacinga*, *Pilosocereus*, *Selicereus*, *Tephrocactus* y *Tunilla* (Anderson, 2001). En México se reporta una asociación de *Dactylopius* spp. con 72 especies de *Opuntia* y 3 especies de *Nopalea* (Portillo, 2005, 2008).

1.2.2 Taxonomía

La familia Dactylopiidae posee un sólo género: *Dactylopius*. De Lotto (1974) enlistó nueve especies: *D. austrinus* De Lotto, *D. coccus* Costa, *D. confertus* De Lotto, *D. confusus* (Cockerell), *D. opuntiae* (Cockerell), *D. salmianus* De Lotto, *D. tomentosus* (Lamarck), *D.*

zimmermanni De Lotto, y mención aparte *D. ceylonicus* (Green), especie citada en México comúnmente bajo la sinonimia *D. indicus* Green, en esta especie se presenta un *nomen nudum*, los autores De Lotto (1974) y Pérez-Guerra y Kosztarab (1992) reconocen a esta especie como *D. ceylonicus*, por lo que éste último es el nombre válido. Posteriormente, Ben Dov y Marotta (2001) reasignan a *Coccus bassi* Targioni Tozzetti como *Dactylopius bassi* (Targioni Tozzetti), considerando el criterio de estos autores, el cual lo comparten autores como Miller (2005) y Portillo (2008), el número aumentaría a 10 especies.

A continuación se menciona la taxonomía actual de *D. opuntiae*

Coccus cacti opuntiae Cockerell 1896: 35

Dactylopius opuntiae (Cockerell) Cockerell, 1929: 328; De Lotto, 1974: 184

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Atelocerata

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Sub Orden: Stenorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Dactylopiidae

Género: *Dactylopius*

Especie: *D. opuntiae* (Cockerell)

Dactylopius opuntiae se distingue de las otras especies por la presencia de poros en el extremo de la parte dorsal, los cuales incrementan en número a partir del antepenúltimo segmento del abdomen; además, las sedas dorsales son delgadas y largas. La especie más cercana es *D. ceylonicus*, la cual tiene un incremento de poros en los últimos cuatro segmentos abdominales y sus sedas dorsales son más anchas y cortas respecto de *D. opuntiae* (De Lotto, 1974).

1.2.3 Biología de *Dactylopius*

Las especies de *Dactylopius*, al igual que otras especies de Coccoidea presentan un tipo de metamorfosis intermedia entre la considerada simple o Hemimetábola y la llamada metamorfosis completa u Holometábola (Borror *et al.*, 1989). Los adultos exhiben un dimorfismo sexual marcado (Gullan y Kosztrab, 1997), las hembras difieren de los machos en su ciclo de vida, mientras que las hembras presentan tres estados: huevo, ninfa (I y II) y adulto, los machos por su parte presentan cinco estados: huevo, ninfa (I y II), prepupa, pupa y adulto.

Una característica biológica sobresaliente de Dactylopiidae es la producción de una sustancia del grupo de las antraquinonas conocida como ácido carmínico, la cual está presente en hemolinfa y músculos de *Dactylopius* en todas sus etapas biológicas y se considera es un disuasivo alimentario (Eisner *et al.*, 1980). A continuación se describen elementos morfológicos de los diferentes estados de *Dactylopius*, los datos basados principalmente en estudios realizados a *D. coccus*, la especie de cochinilla más estudiada por su valor comercial (Pérez-Guerra y Kosztrab, 1992; Llanderal y Nieto, 2001).

Los huevos de Dactylopiidae son ovalados (más largos que anchos), el corion es delgado y transparente, sin ornamentaciones. Tiene una longitud promedio de 672 μm y 330 μm de ancho (Montiel *et al.*, 1998). La presencia de ácido carmínico sugiere una relación con el aparato reproductor aunque esto aún no se confirma del todo, resultados de experimentos en laboratorio hacen suponer una relación muy estrecha aunque no concluyente (Cortés *et al.*, 2005).

La principal forma de dispersión de Dactylopiidae (Foxcroft y Hoffmann, 2000) y otras familias de Coccidae (Quayle, 1916; Greathhead, 1997) es a través del viento, y está restringida al primer ínstar conocido como “caminantes” (Moran *et al.*, 1982; Foxcroft y Hoffmann, 2000). El tamaño de las ninfas de primer ínstar de Dactylopiidae es mayor en proporción con los “caminantes” de otras especies de escamas (Gunn, 1979). El proceso evolutivo de estos organismos originó adaptaciones en esta etapa morfológica, exhibe características físicas y etológicas que favorecen la dispersión de las ninfas hembras: tienen un fototropismo positivo y una conducta gregaria, esperan las corrientes de aire para ser transportadas (Figura 1 A y B). Poseen, para este propósito, sedas dorsales más largas que los machos, las cuales les permiten planear, permanecer más tiempo en el aire y aumentar la probabilidad de encontrar un nuevo hospedero al recorrer distancias de hasta seis metros (Moran *et al.*, 1982). Las ninfas que darán origen a machos por lo general no utilizan el recurso del viento, poseen un fototropismo negativo y suelen completar su desarrollo encima de las hembras adultas aprovechando la protección de la cera (Moran *et al.*, 1982).

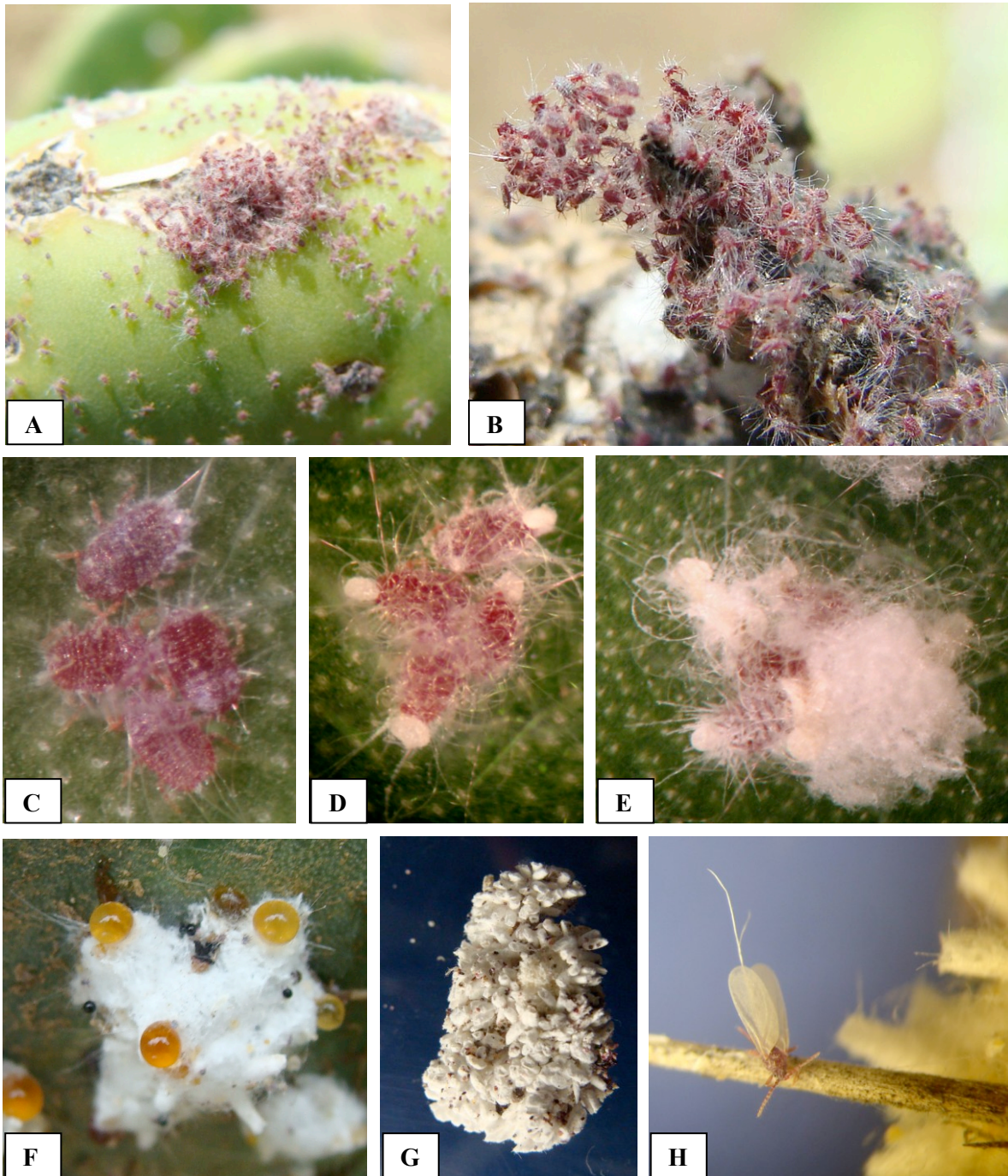


Figura 1. Dispersión de *Dactylopius opuntiae* en Tlalnepantla, Morelos. A) Concentración de ninfas I en parte apical de cladodio. B) Momento de dispersión de ninfas. C - H) Estadios de *D.s opuntiae* bajo condiciones de laboratorio, seguimiento durante mes y medio. C) ninfas I de *D. opuntiae* D) desarrollo de cera estadio intermedio ninfa I y II. E) Ninfas II, desarrollo de cera. F) Hembras maduras G) colonia de cochinilla con capullos de machos encima de hembras. H) Macho de *D. opuntiae*. Fotografías con derechos reservados.

Las hembras adultas poseen un cuerpo oval con antenas cortas de siete segmentos, patas cortas y carecen de alas. Colonizan los cladodios y una vez sujetas mediante su aparato bucal de tipo chupador, pasan toda su vida en el mismo sitio succionando la savia. Los machos pupan encima de ellas, su pequeño tamaño (1 mm) facilita que varios machos pupen encima de una sola hembra. Al emerger, sólo poseen un par de alas con poca venación, utilizan sus alas para desplazarse y buscar hembras para fecundarlas mediante el rastreo de una feromona aún no determinada (Rodríguez *et al.*, 2005), el desarrollo sexual de la hembra coincide con la emergencia del adulto macho. En *D. opuntiae* se menciona que se requiere de la fecundación del macho para la producción de huevos (Romero *et al.*, 2006). La vida del macho adulto es efímera, los estudios taxonómicos de Dactylopiidae así como otras familias de escamas, utilizan a las hembras para la determinación taxonómica (Howell y Williams, 1976).

1.2.4 Daño sobre *Opuntia ficus indica* e importancia

El daño ocasionado por las poblaciones de ninfas y hembras adultas de *D. opuntiae* sobre plantas del género *Opuntia* en general, y en particular de *O. ficus-indica* fue motivo de estudio para incorporar a este insecto como agente de control biológico para regular poblaciones de *Opuntia* considerada como maleza en lugares como Australia, Hawaii, India, Indonesia, Madagascar, Mauritania, Nevis, islas de Santa Cruz, Sri Lanka, Sudáfrica y Yemen.

D. opuntiae se utilizó contra las especies *O. cordobensis* Spegazzini, *O. eliator* Miller, *O. ficus-indica*, *O. lindheimeri* Engelman, *O. megacantha* Engelman, *O. streptacantha* Lemaire *O. stricta* (Haworth), *O. tomentosa* Salm Dyc, *O. triacantha* (Willdenow) y *O. tuna* (L.) (Anónimo 1983; Dodd, 1940; Foxcroft y Hoffmann, 2000; Fullaway, 1954; Greathead, 1971; Hosking *et al.*, 1994; Julien y Griffiths, 1998; Mann 1969; Moran y Zimmermman, 1984; Petey, 1947, Singh, 2004; Tyron, 1910). El resultado en cada área fue distinto y se influyó por diversos factores, en algunos programas de control se empleó sólo este dactilopido, pero en otros se comprobó sinergismo al liberarse junto con otros agentes de control biológico, especialmente *Cactoblastis cactorum* (Fullaway, 1954; Hosking, *et al.*, 1994).

1.2.5. Distribución de *D. opuntiae*

El rango de distribución de *D opuntiae* se favoreció por la liberación intencional para control biológico (Petey, 1950) y la introducción por descuido en plantaciones destinadas para el cultivo de *D. coccus*. Al respecto, se reporta que *D. opuntiae* sobresale del resto de cochinillas por su presencia en los cinco continentes (Portillo, 2008), además de infestar a 36 especies de *Opuntia* (Moran, 1980).

1.2.6 Algunos aspectos sobre manejo de *D.opuntiae*

1.2.6.1 Control cultural.

Se recomienda revisar y seleccionar las pencas para evitar sembrar plantas con infestación de insectos (Delgadillo *et al.*, 2008). En cultivos de Brasil se sugiere tomar medidas de control cuando se presentan menos de 10 colonias de *D. opuntiae* .

1.2.6.1 Control mecánico.

Las recomendaciones para el manejo de *Dactylopius* spp. incluyen el corte de los cladodios infestados (“despenque”), aunque se reconoce que es laboriosa (Delgadillo, et al., 2008) además de ineficiente si los restos vegetales se dejan en la parcela, ya que tanto en cultivos de nopal verdura (Vanegas-Rico, datos sin publicar) como en cultivos de tuna (Mena-Covarrubias, 2004) se observó que dichos residuos representan un foco de infestación. Otra forma de manejo es el cepillado de los cladodios cuando la infestación de cochinilla es baja (Anónimo, 2000; Palacios *et al.*, 2004). Se menciona el uso de antorchas para quemar las colonias de *D. confusus* en Estados Unidos (Hunter *et al.*, 1912).

1.2.6.2 Control genético

Se conoce que existen diferencias nutrimentales entre especies y variedades de nopal. Basados en esto, en cultivos de *O. ficus-indica* para forraje en Brasil, se plantea la búsqueda de variedades resistentes a la infestación de cochinilla del nopal, hasta el momento dos variedades presentan cierta resistencia a la infestación de *D. opuntiae* (de Vasconcelos *et al.*, 2009).

1.2.6.3 Control químico

Con excepción de *Bacillus thuringiensis*, en México no existen plaguicidas autorizados para su empleo en nopal (CICOPLAFEST, 2009.). Aún así, algunos productores o técnicos usan, y en ocasiones abusan, de estos productos. Para el control de la cochinilla del nopal algunos productores utilizan los insecticidas malatión, triclorfón y paratión metílico (Badii y Flores, 2001). Existen además recomendaciones sobre el uso de paratión metílico

(Anónimo1981; Hernandez, 1993; Salgado y Salgado, 1984), dipterex y malatión (Anónimo 1981; Hernández, 1983), dimetoato con poblaciones mayores al 45% (Anónimo 200), además de folidol, lindano y carbaril contra *Dactylopius indicus* (Hernández, 1993) y emulsiones con keroseno para *D. confusus* (Hunter *et al.*, 1912).

El control químico de cochinillas de nopal no es rentable en cultivos para forraje en Brasil (Vasconcelos *et al.*, 2009), en México en algunas ocasiones esta situación es semejante para nopal verdura. Ante los riesgos para productores, consumidores y el ambiente, ocasionados por el mal uso de plaguicidas, es necesario investigar métodos alternativos de control como el uso de extractos naturales (Vigueras *et al.*, 2009) o el control biológico. En un cultivo como nopal verdura, el uso de enemigos naturales dentro de programas de manejo integrado de plagas podría ofrecer excelentes alternativas.

1.2.6.4 Control biológico

Se conoce la existencia de enemigos naturales de la cochinilla del nopal (Cuadro 4), y con frecuencia se menciona su presencia en algunas de las zonas productoras más importantes de nopal verdura en México (Delgadillo *et al.*, 2008; Sánchez, 2002), pero existen pocas publicaciones formales al respecto (Badii y Flores, 2001), y ninguna realizada en Tlalnepantla, Morelos.

1.2.7 Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae*

La coevolución presa-depredador se realizó de forma paralela en varias especies de coccoideos, algunas escamas tienen depredadores y parasitoides que pertenecen a grupos

semejantes. Existen depredadores nativos de *Dactylopius opuntiae* (Chamaemyiidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae y Syrphidae) adaptados a las condiciones de las áreas donde se cultiva el nopal (Vanegas-Rico, datos sin publicar). Estas familias son recurrentes en otros insectos escama, inclusive existen reportes sobre algunas especies depredadoras de *Dactylopius* spp. que atacan a otras especies de escamas.

Los estudios sobre enemigos naturales de *Dactylopius* presentan tres vertientes principales, a) Por una parte el estudio de depredadores de grana cochinilla (*D. coccus*) por su importancia económica en la coccicultura (Cuadro 3); b) El estudio de depredadores que pueden reducir la eficiencia biológica de las cochinillas silvestres para combatir malezas (*Opuntia*); c) Investigación de enemigos naturales como reguladores poblacionales de cochinilla del nopal que daña los cultivos comerciales de nopal para verdura, fruto o forraje.

La dinámica poblacional es un elemento importante en el manejo de plagas. Estos estudios permiten conocer la oscilación de la población a través de un periodo de tiempo. Esta información permite realizar estimaciones de daño y planear estrategias de combate para abatir las poblaciones de la plaga durante los meses de mayor incidencia. En los últimos años se realizaron pruebas de eficiencia biológica con algunos depredadores (Vigueras, 2008; Esparza *et al.*, 2008), estas investigaciones se pueden complementar con los estudios que relacionen los niveles de infestación de la cochinilla con la presencia de sus enemigos naturales en condiciones cotidianas en áreas productoras de nopal, además de la dinámica poblacional de la cochinilla y sus enemigos naturales.

Cuadro 3. Reportes de enemigos naturales de *Dactylopius coccus* Costa en México

Orden	Familia	Especie	Referencia
Neuroptera	Hemerobiidae	<i>Symphorobius</i> sp.	4, 6
		<i>S. amicus</i> (Fitch)	1
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Chilocorus</i> sp.	3,4, 8
		<i>C. cacti</i> (L.)	7
		<i>Cybocephalus nigrutilus</i> Le Conte	1
		<i>Exochomus fasciatus</i> Casey	7
		<i>Hyperaspis</i> sp.	2, 4, 8
		<i>H. trifurcata</i> Schaeffer	1, 6, 7
		<i>H. fimbriolata</i> Melsheimer	1
		<i>Scymnus intrusus</i> Horn <i>S. hornii</i> Le Conte	
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Laetilia coccidivora</i> Comstock	4,6, 8
Diptera	Syrphidae	<i>Baccha</i> sp.	6
		<i>Salpingogaster cochinelivora</i> Guerin-Meneville	9
	Chamaemyiidae	<i>Leucopis</i> sp.	5
		<i>L. bellula</i> Williston	1

Tomado de Rodríguez *et al.*, 2010. 1) Piña 1977; 2) Gordon, 1985; 3) Méndez-Gallegos *et al.* 1996; 4) Portillo y Viguera 1998; 5) Viguera y Portillo 2001; 6) Aldama-Aguilera *et al.* 2005; 7) Marín-Jaramillo y Bujanos-Muñiz, 2005; 8) Portillo y Viguera 2006; 9) Esparza-Gómez *et al.* 2008.

Cuadro 4. Reportes de enemigos naturales de *D. opuntiae* en México

Orden	Familia	Especie	Referencia
Neuroptera	Hemerobiidae	<i>Hemerobius</i> sp.	2
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Chilocorus</i> sp.	2
		<i>Hyperaspis</i> sp.	1; 2
		<i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer	3
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Laetilia</i> sp.	2
Diptera	Syrphidae	<i>Baccha</i> sp.	2

Fuente: 1) Gordon, 1985; 2) Espinosa, 2001; 3) Aldama-Aguilera *et al.*, 2005.

CAPÍTULO II

ENEMIGOS NATURALES DE *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) EN *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller EN TLANEPANTLA, MORELOS, MÉXICO

2.1 INTRODUCCIÓN

El centro y sur de México son uno de los lugares de distribución y domesticación más importantes de *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) en el continente americano (Nobel, 2002; Griffith 2004). Ésta es una de las cactáceas con una larga historia de domesticación y actualmente es la especie más importante en la economía nacional para la producción de nopalitos (nopal verdura) y frutos para consumo en fresco (Mann, 1969; Nobel, 2002; Griffith, 2004). En México se cultivan alrededor de 11,000 ha de esta especie y se producen cerca de 683,000 t de nopalitos cada año (SIAP, 2008). Los estados productores más importantes se localizan en la parte central del país. Estos son Distrito Federal con 4,337 ha y Morelos con 2,737 ha; sólo estos dos lugares aportan 81% de la producción nacional (SIAP, 2008).

Las plagas de insectos son una de las limitantes bióticas más importantes en la producción de nopal verdura en México. Una de las principales plagas en las dos zonas más importantes de producción es la “cochinilla silvestre del nopal”, *Dactylopius* spp., y el picudo del nopal, *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) (Colegio de Postgraduados, 2005, Delgadillo *et al.*, 2008). A pesar de que en la zona de estudio se conoce la importancia de la cochinilla del nopal como una de las plagas más relevantes, se carece de estudios sistemáticos que permitan conocer la identidad específica de esta plaga.

Dactylopius es un género de la familia Dactylopiidae de origen norteamericano que incluye diez especies (Ben-Dov y Marotta, 2001; Pérez-Guerra y Kosztarab, 1992; Portillo y Viguera 2006). El daño que ocasionan estas especies es una clorosis en cladodios y frutos, que debilita a la planta y favorece la infección por agentes patógenos, además de provocar su senescencia prematura. Altas densidades poblacionales pueden causar la muerte de la planta. Dentro de este grupo algunas especies como *D. ceylonicus* y *D. opuntiae*, se localizan en la mayoría de los estados de la república mexicana (MacGregor y Sampedro, 1984).

Existen pocas alternativas para combatir la cochinilla del nopal. El control físico mediante el cepillado de cladodios puede usarse ocasionalmente cuando las poblaciones son bajas (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004). Aunque existen propuestas para usar jabones (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004) o bioinsecticidas para su combate (Viguera *et al.*, 2009), en poblaciones altas el control químico, especialmente el uso de insecticidas organofosforados, es la herramienta más común. Al respecto, Badii y Flores (2001) señalan que los insecticidas más utilizados contra estos insectos son Malatión, Paratión metílico y Triclorfón.

A pesar de la importancia socio-económica del nopal en México, no existen insecticidas autorizados para esta plaga (CICOPLAFEST, 2009), los riegos por el mal uso de estos productos puede provocar consecuencias desfavorables a productores y consumidores. Por esta razón, el uso de enemigos naturales para combatir a esta plaga pudiese ser una de las alternativas que se deben impulsar.

Sin embargo, existen pocos estudios sobre enemigos de la cochinilla silvestre del nopal, y ninguno relaciona la presencia de los enemigos naturales con niveles de infestación de la plaga. Este tipo de investigaciones demostraron su importancia en el manejo de “la cochinilla rosada del hibisco”, *Maconelicocus hirsutus* (Green), cuya campaña en México se basa en evaluaciones sobre el grado de infestación de la plaga para realizar liberaciones de sus enemigos naturales (González *et al.*, 2008).

Las publicaciones sobre los enemigos naturales de *Dactylopius* spp. en el continente americano se resumen de la siguiente manera: Mann (1969) y Zimmermann *et al.* (1979) enlistan a insectos asociados a cactáceas de distintas áreas de América, incluyendo a *Dactylopius* spp. y sus enemigos naturales. En Norte América se identificaron depredadores de *Dactylopius* sp. en La Isla de Santa Cruz (Goeden *et al.*, 1967), *D. confusus* (Cockerell) en Texas (Gilreath & Smith, 1988) y *Dactylopius* sp. en Argentina (Diodato *et al.*, 2004). En México los trabajos sobre enemigos naturales de cochinillas se enfocan principalmente a los depredadores de la grana cochinilla *D. coccus* Costa (Piña, 1977; Portillo y Vigueras, 1998). Por otra parte Piña (1977) menciona a *Hyperaspis trifurcata* como entomófago de *D. opuntiae*.

Las investigaciones sobre cochinilla silvestre del nopal se encuentran en informes técnicos y tesis, la mayoría carece de identificación taxonómica de los enemigos naturales y la plaga por especialistas. El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar las poblaciones de la cochinilla silvestre del nopal en la parte central de México, con la finalidad de conocer su identidad taxonómica y aspectos sobre biología básica de sus entomófagos, además de su

relación con los niveles de infestación en las plantas. Esta información proporcionará herramientas que contribuyan a diseñar las bases para realizar propuestas de control biológico en cultivos de nopal verdura de México.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Descripción de los sitios de muestreo

La investigación se efectuó en huertas comerciales de nopal verdura, ubicadas en el municipio de Tlalnepantla, Morelos ($18^{\circ} 57' N$ y $98^{\circ} 14' O$), cuya altitud oscila entre 1,740 y 2,400 m. Para conocer los enemigos naturales de la cochinilla, se establecieron dos rangos altitudinales: zona baja (1700 a 2050 m) y zona alta (2051 a 2400 m). Se seleccionaron cinco sitios de muestreo, a cada sitio se le designó con la letra L y un número consecutivo en de acuerdo a la altitud. De esta forma las localidades fueron L1 (1,741m), L2 (1,848 m), L3 (2,105 m), L4 (2,132 m) y L5 (2,200 m). Por cuestiones operativas la distribución de localidades se dividió en dos grupos, zona baja (L1 y L2) y zona alta (L3, L4 y L5).

Cada localidad tuvo condiciones distintas, las características más sobresalientes fueron: L1 se localizó en la parte más baja del área de cultivos, carecía de vegetación circundante con excepción de arboles que sirven para delimitar los terrenos. Es el área más propensa a altos niveles de infestación de cochinilla y picudo del nopal; tenía mayor cantidad de aplicaciones para combatir estas dos plagas. L2 se ubicó a un lado de una formación montañosa que presenta estrato herbáceo y arbustivo de mayor diversidad, el lado opuesto a

esta formación rocosa es un área protegida y cuenta con mayor diversidad en vegetación. L3 presenta una pendiente de 15°, la vegetación circundante es de pino-encino en las partes conservadas, las poblaciones de picudo de nopal son más escasas que las dos localidades anteriores. L4 tiene una pendiente de 25° y presenta un estrato arbóreo de pino-encino; en esta área, la “mancha negra de nopal” (*Pseudocercospora opuntiae*) es el mayor problema fitosanitario, y son frecuentes las aplicaciones de fungicidas para controlar al hongo, además de aplicaciones de insecticidas para la cochinilla. L5 presentó estrato arbóreo que sirve para delimitar el terreno, al igual que en L4, el cultivo es atacado por la mancha negra del nopal, la cochinilla, y en menor cantidad el picudo del nopal, el control químico (insecticidas) se realiza de manera individual para cada plaga.

2.2.2 Determinación de *Dactylopius* spp.

Se realizaron 30 muestreos distribuidos en toda el área de producción (Figura 3), en cada sitio se recolectaron colonias de cochinilla para su determinación específica. Las muestras de cochinilla se procesaron de acuerdo a la técnica sugerida por Hamon y Kosztarab (1979), con modificaciones sugeridas por Héctor González Hernández (Colegio de Postgraduados, comunicación personal). Las preparaciones se determinaron con las claves de De Lotto (1974) y Ferris (1955). La especie de *Dactylopius* fue corroborada por el Dr. Héctor González (Colegio de Postgraduados).

2.2.3 Recolecta de *Dactylopius* spp. y sus enemigos naturales

En las localidades experimentales se hicieron muestreos semanales de febrero de 2008 a febrero de 2009. En cada muestreo se seleccionaron 10 plantas y de cada una se escogió un

cladodio, de estos cladodios, se recolectaron cinco colonias maduras de cochinilla del nopal con hembras grávidas. De esta manera se obtuvo una muestra de 50 colonias por localidad por semana. Las colonia se colocaron en cajas de Petri de acrílico de 2.5 cm de diámetro, y se llevaron al laboratorio para su inspección.

De cada cladodio donde se tomaron las muestras se registró el grado de infestación de cochinilla. Para ello, previamente se diseñó una escala logarítmica mixta utilizando el programa 2LOG ver 1.0 (Mora-Aguilera *et al.* 2000). Con base en el número de colonias de cochinilla, y el área que cubrían respecto del área total del cladodio, se establecieron seis niveles de infestación (Figura 2).



Figura 2. Escala de infestación de *Dactylopius opuntiae* en cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Nivel 1= 1-5 colonias, Nivel 2= 6=15 colonias, Nivel 3= 16 colonia hasta 25% de la superficie del cladodio, Nivel 4= 26 a 50% de la superficie del cladodio, Nivel 5= 51 a 75% de la superficie del cladodio, Nivel 6 = 76 a 100% de la superficie del cladodio.

2.2.4 Abundancia de entomófagos por colonia y observación de su comportamiento

Cada colonia de cochinilla se revisó bajo estereomicroscopio, se contó y registró el número de hembras adultas por colonia, así como los insectos entomófagos presentes. Estos se separaron de acuerdo con su identidad taxonómica y estado de desarrollo (larva, pupa). Los entomófagos en estado larval se colocaron en recipientes individuales (cajas Petri de 2.5 cm de diámetro) y se alimentaron con colonias de *D. opuntiae* criada en laboratorio.

Las pupas se mantuvieron individualmente en cápsulas de gelatina. De esta forma se obtuvieron los depredadores de la cochinilla o, en algunos casos, parasitoides de los depredadores. Los depredadores adultos se conservaron en recipientes plásticos con cladodios infestados de cochinilla para su alimentación y ovoposición. Además de ninfas de cochinilla se proporcionó una mecha de algodón saturada en agua, y algodón saturado con una solución de agua y miel de abeja. Se realizaron observaciones durante un tiempo aproximado de 4 h diarias de lunes a sábado con la intención de observar y registrar el comportamiento de cada especie de enemigo natural que se logró mantener en el laboratorio.

2.2.5 Determinación de especies de enemigos naturales

Los enemigos naturales se preservaron en alcohol al 70%, con excepción de los lepidópteros y dípteros, los cuales se mantuvieron en frascos húmedos. Se realizó una determinación preliminar con base en la literatura disponible, para Hemerobiidae Agnew *et al.* (1981); Syrphidae Cole (1969); Coccinellidae Gordon (1985); Pyralidae Heinrich (1956); y Chamaemyiidae McAlpine (1987). Se enviaron muestras del material a los especialistas para su corroboración y/o identificación específica. Los especialistas fueron Dra Alma Solís (USDA), Pyralidae; Dr. Steve Gaimari (California Department of Food and Agriculture), Chamaemyiidae; Dr John Oswald (Texas A&M University), Hemerobiidae; Dr. Enrique Ramírez (Instituto de Biología, UNAM estación Chamela, México), Syrphidae; y M.C. Antonio Marín (INIFAP, Guanajuato), Coccinellidae. El material se mantiene como especímenes de referencia en la colección de los especialistas, y se depositó un duplicado en la colección de enemigos naturales de insectos plaga en el Colegio de Postgraduados.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Determinación de *Dactylopius* spp.

Del total de muestras se produjeron 150 preparaciones de cochinillas de nopal de toda el área de cultivo en Tlalnepantla, Morelos. La totalidad de las muestras determinadas correspondió a la especie *Dactylopius opuntiae* (Cockerell).

2.3.2 Abundancia de entomófagos por colonia y observación de su comportamiento

Las poblaciones de *D. opuntiae* presentaron una asociación con grupos de insectos depredadores. En total se recolectaron 6,042 organismos, los cuales pertenecen a cuatro órdenes, cinco familias y siete especies, cuatro de ellas se recuperaron constantemente en los muestreos sistemáticos, y las otras tres se recolectaron ocasionalmente (Cuadro 5).

El depredador más abundante en los muestreos sistemáticos fue *Leucopis bellula* (Diptera: Chamaemyiidae) con cerca de 45% del total de enemigos naturales (Cuadro 5). Su población mayor se registró en la localidad L2, y la menor en L1, ambas en la zona considerada como de baja altitud (Cuadro 6). La segunda especie más abundante fue *Sympherobius barberi* (Neuroptera: Hemerobiidae) con 25.1% del total de depredadores (Cuadro 5).

Cuadro 1. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* de acuerdo a niveles de infestación sobre *O. ficus-indica* en Tlalnepantla, Morelos. Febrero 2008 a febrero 2009.

Orden	Familia	Especie	Abundancia	%	Niveles de infestación de <i>D. opuntiae</i>					
					1	2	3	4	5	6
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Chilocorus cacti</i> (L.)	2	0.03	-	-	X	X	-	-
		<i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer	740	12.25	-	X	X	X	X	X
Diptera	Chamaemyiidae	<i>Leucopis bellula</i> Williston	2,703	44.74	-	X	X	X	X	X
	Syrphidae	<i>Salpingogaster cochenillivorus</i> (Guérin-Méneville)	11	0.18	-	-	X	X	X	-
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Laetilia coccidivora</i> (Comstock)	1,081	17.89	-	X	X	X	X	X
Neuroptera	Hemerobiidae	<i>Symphorobius angustus</i> (Banks)	3	0.03			X			X
		<i>Symphorobius barberi</i> (Banks)	1,518	25.12	-	-	X	X	X	X

Niveles de infestación: nivel 1= 1 a 5 colonias, Nivel 2= 6 a 15 colonias, nivel 3= 16 colonias hasta 25% de la superficie del cladodio, nivel 4= 26 a 50%, nivel 5= 51 a 75%, nivel 6= 76 a 100%.

La localidad con mayor abundancia fue L2 y con la menor fue L4. El pirálido *L. coccidivora* fue la tercera especie en abundancia (17.9%), la localidad con mayor abundancia fue L5 y la menor fue L4 (Cuadro 6). El coccinélido *H. trifurcata* fue la cuarta especie abundante con el 12.2% (Cuadro 5). Finalmente, *Symphorobius angustus* fue la especie con menor presencia en el muestreo sistemático.

La localidad L5 registró la mayor abundancia y L3 tuvo la menor cantidad de coccinélidos (Cuadro 6). Dos enemigos naturales no se registraron en los muestreos sistemáticos. El sírfido *Salpingogaster cochenillivorus* se recolectó en estado de larva, no se apreciaron adultos durante el periodo de muestreo. Los ejemplares se recolectaron en nopales de ornato en el poblado de Tlalnepantla, Morelos. *Symphorobius angustus* se registró en dos localidades (L2 y L5). El coccinélido *Chilocorus cacti* fue el menos abundante de las siete especies, se registraron dos ejemplares en una parcela cercana a L3 ubicada a 1,892 m.

Cuadro 6. Abundancia de enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* entre localidades de Tlalnepantla, Morelos. Febrero 2008 a febrero 2009.

LOCALIDAD	ENEMIGOS NATURALES				Total	%
	<i>Hyperaspis trifurcata</i>	<i>Laetilia coccidivora</i>	<i>Leucopis bellula</i>	<i>Symphorobius barberi</i>		
L1 (1,741msnm)	93	225	401	223	942	15.59
L2 (1,848 msnm)	183	254	662	618	1,717	28.41
L3 (2105 msnm)	65	238	612	599	1,514	25.05
L4 (2,132 msnm)	179	88	489	26	782	12.94
L5 (2,200 msnm)	220	276	539	52	1,087	17.99
TOTALES	740	1,081	2,703	1,518	6,042	100

Los siete enemigos naturales estuvieron presentes en cladodios con más de cinco colonias de cochinilla. De acuerdo con el registro de niveles de infestación se aprecia que los enemigos naturales de *D. opuntiae* estuvieron presentes en intervalos de infestación de 25% a 75%. (Cuadro 5), exceptuando a *C. cacti*, el cual se observó en plantas infestadas con nivel de 25 a 50% (Cuadro 5). En orden de abundancia de enemigos naturales, las localidades fueron L2, L3, L5, L1 y L4. Es decir, no se observó una relación precisa de abundancia y altitud (Cuadro 6).

Las especies *Leucopis bellula*, *Laetilia coccidivora* y *Salpingogaster cochenillivorus* tienen hábito depredador sólo en estado de larva, el resto, *Chilocorus cacti*, *Hyperaspis trifurcata* y *Symphorobius angustus* y *S. barberi* son depredadores en estado de larva y adulto. Tanto *H. trifurcata* como *S. barberi* se alimentan de las hembras y machos adultos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Alimentación de los depredadores de *Dactylopius opuntiae* observados en campo y laboratorio

Depredadores		Estados de la presa <i>Dactylopius opuntiae</i>			
Especie	Estado	Huevo	Ninfa	Adulto hembra	Adulto macho
<i>C. cacti</i>	Larva	X	X	X	+
<i>C. cacti</i>	Adulto	X	X	X	+
<i>H. trifurcata</i>	Larva	X	X	X	X
<i>H. trifurcata</i>	Adulto	X	X	X	+
<i>L. coccidivora</i>	Larva	X	X	X	-
<i>L. coccidivora</i>	Adulto	-	-	-	-
<i>L. bellula</i>	Larva	X	X	+	+
<i>L. bellula</i>	Adulto	-	-	-	-
<i>S. cochenillivorus</i>	Larva	X	X	X	-
<i>S. cochenillivorus</i>	Adulto	-	-	-	-
<i>S. angustus</i>	Larva	X	X	X	X
<i>S. angustus</i>	Adulto	-	X	-	+
<i>S. barberi</i>	Larva	X	X	X	X
<i>S. barberi</i>	Adulto	-	X	-	+

X Se alimentan. -No se alimentan. + No se observó pero es probable que se alimenten.

En este trabajo se recolectaron parasitoides de los depredadores *Hyperaspis trifurcata*, *Laetilia coccidivora*, *Leucopis bellula* y *Sympherobius barberi*. De los restantes depredadores, no se observaron ni recuperaron parasitoides del material colectado en campo.

2.3.3 Otros organismos asociados a *Opuntia ficus-indica*/*Dactylopius opuntiae*.

Durante el periodo de muestreo se registraron algunos insectos que visitaron con cierta frecuencia los cultivos de nopal infestado con *D. opuntiae*. Se observaron tres especies de coccinélidos relacionados a *O. ficus-indica*/*D. opuntiae*. El coccinélido *Cycloneda emarginata* Mulsant se observó alimentarse únicamente de las secreciones dulces de la base de las areolas tanto en presencia como en ausencia de *D. opuntiae*. *C. emarginata* fue más frecuente en las localidades L3 y L4, además de otros cultivos de nopal ubicados a más de 2,000 msnm. La especie *Scymnus louisianae* Chapin, se recolectó una sola ocasión en estado de pupa debajo de una colonia de *D. opuntiae*. Mientras que *Nephus* sp. Se recolectó una vez en la localidad L4 y se observó alimentarse en estado de larva sobre huevos de *D. opuntiae*, ésta completó su desarrollo en condiciones de laboratorio. El hemerobido *Hemerobius discretus* Navás, se observó en las localidades L2 y L3 en nopales infestados con *D. opuntiae*, de igual forma se observaron ejemplares de Chrysopidae en las localidades L1, L2 y L3 durante el periodo de muestreo. No se registró depredación en *H. discretus* y los crisópidos sólo se observaron utilizar al nopal como sitio de descanso o refugio.

2.4 DISCUSIÓN

2.4.1 *Dactylopius opuntiae*

La especie *Dactylopius opuntiae* es un nuevo registro para Tlanepantla, Morelos. Antes de este trabajo, en Morelos se conocían las especies *Dactylopius ceylonicus* (Green) (McGregor y Sampedro 1984) y *Dactylopius opuntiae* (Pérez-Guerra y Kosztarab 1992) sólo para la localidad de Cuatla, *Dactylopius. confusus* (Cockerell) se reportó para Cuautla y Cuernavaca (McGregor y Sampedro, 1984). En México son escasos los trabajos taxonómicos sobre distribución de cochinillas silvestres, la mayoría se basa en los datos reportados por McGregor y Sampedro (1984) cuyo trabajo no realizó muestreos en la república mexicana, se concretó a determinar las especies depositadas años atrás en una colección privada. Más estudios de distribución de especies de *Dactylopius* spp. en México contribuirán a corroborar algunas de las observaciones de dichos autores y/o a mejorar el conocimiento de éste género y su distribución en México.

2.4.2 Enemigos Naturales

Los hemerobidos *Symphorobius barberi* y *S. angustus* son nuevos registros de depredadores de *D. opuntiae* en México. Los depredadores *Chilocorus cacti*, *Hyperaspis trifurcata*, *Laetilia coccidivora*, *Leucopis bellula* y *Symphorobius* sp. son organismos recurrentes en otras especies de cochinillas en Texas (Gilreath y Smith, 1988) California (Goeden *et al.*, 1967), México (Piña, 1977; Aldama-Aguilera *et al.*, 2005) y en algunos países sudamericanos (Rodríguez *et al.*, 2010). Sin embargo, en las publicaciones de México para *D. opuntiae* no se especifican las localidades de recolecta, ni los procedimientos taxonómicos para su determinación. Así mismo, en muchos casos no se

indica el resguardo de especímenes de referencia depositados en colecciones para su corroboración.

El camémido *Leucopis bellula* es un depredador asociado a diversas especies de cochinilla del nopal (Goeden *et al.*, 1967; Mann, 1969; Piña, 1977; Gilreath y Smith, 1988) aunque ningún trabajo anterior lo registró como el depredador más abundante. De igual manera, *S. barberi* fue la segunda especie en abundancia relativa en este trabajo (Cuadro 5) y difiere con lo presentado por otros autores que mencionan a *S. barberi* como un visitante esporádico (Goeden *et al.*, 1967; Zimmermann *et al.*, 1979; Gilreath y Smith, 1988). Aldama-Aguilera *et al.* (2005) mencionan una baja abundancia de *Symphorobius* sp. en un cultivo de *D. coccus*.

Laetilia coccidivora fue la tercera especie abundante en este trabajo (Cuadro 5), lo cual contrasta con lo reportado por Mann (1969) quién la consideró el depredador más importante de cochinillas en Estados Unidos. Los resultados sobre la abundancia de *H. trifurcata* difieren con los resultados de Aldama-Aguilera *et al.* (2005) y las observaciones de Mann (1969) quienes mencionan que este coccinélido es el depredador más abundante en poblaciones de *D. coccus* y *Dactylopius spp.*, respectivamente.

El sírfido *Salpingogaster cochenillivorus*, tuvo una baja presencia en Tlalnepantla (11 organismos), los ejemplares obtenidos se encontraron en plantas de ornato. En otras localidades del Distrito Federal, Estado de México y Morelos, fueron más conspicuos en plantas de ornato y en un cultivo de *D. coccus* (Vanegas-Rico, datos sin publicar). Se

conoce que en Norteamérica las especies *Salpingogaster conopida* (Philippi) y *Salpingogaster texana* Curran depredan a *Dactylopius* spp. (Mann, 1969; Zimmermann *et al.*, 1979) y *D. confusus* (Curran, 1932; Gilreath y Smith, 1988), respectivamente.

Basados en los muestreos y las observaciones sobre la presencia de *S. cochenillivorus* en áreas con mayor vegetación, menor cantidad de aplicaciones de insecticidas, en plantas de ornato de casas y áreas verdes recreativas, probablemente las hembras de *S. cochenillivorus* requieran de cierta cantidad de presa y un recurso floral para producción de huevos (Schneider, 1969), además de presentar mayor susceptibilidad al manejo químico. Se recomiendan más estudios, principalmente sobre biología básica; ya que de las siete especies de depredadores en este estudio, *S. cochenillivorus* fue la especie menos conocida de acuerdo con la literatura disponible.

Finalmente, la baja presencia de *Chilocorus cacti* en este trabajo (2 ejemplares) contrastó con las observaciones de Badii y Flores (2001) quienes señalan a *C. cacti* como una especie común en cultivos de nopal en México; además de lo reportado por Delgadillo *et al.* (2008) quienes mencionan a *C. cacti* como el enemigo natural más abundante en los cultivos de nopal de Milpa Alta (Distrito Federal).

Pocos trabajos presentan datos sobre abundancia de depredadores de cochinillas, pues se concretan a enlistar las especies encontradas y mencionar su abundancia de forma cualitativa. Sólo Aldama-Aguilera *et al.* (2005), presentaron abundancia de enemigos naturales de *D. coccus* y su dinámica poblacional. En este estudio se observaron algunos

factores que probablemente desempeñan un papel importante en la presencia y abundancia de los enemigos naturales de *D. opuntiae*. En general, la abundancia de depredadores aumentó conforme se incrementó la altitud de la localidad y alcanzó su mayor abundancia en la localidad L3 (Cuadro 6). Esta tendencia se interrumpió en L4, cuya disminución fue drástica. Esto podría explicarse, en parte, por las condiciones de manejo, ya que las áreas ubicadas en esta altitud presentaron incidencia de *Pseudocercospora opuntiae*, la cual requirió de aplicaciones de fungicidas para su control. Es probable que la combinación de productos químicos para combatir cochinilla y otras para la mancha negra ejerciera un efecto negativo en las poblaciones de enemigos naturales de *D. opuntiae*. Algo semejante ocurrió en la localidad L1, la cual presentó como problema a *Metamasius spinolae* en conjunto con *D. opuntiae*.

El manejo de malezas en Tlalnepantla, Morelos, depende de la condición económica de los productores. La eliminación se realiza mediante control manual, químico o quema de vegetación. Se conoce que especies de enemigos naturales como hemerobidos y coccinélidos utilizan plantas aledañas al cultivo como refugio y fuente de alimento (Miliczky y Horton, 2005). Probablemente la eliminación de vegetación dentro y fuera de los cultivos de nopal redujo la disponibilidad del recurso floral utilizado por depredadores de *D. opuntiae*, pues se ha demostrado que la destrucción del hábitat reduce la presencia de enemigos naturales en otros cultivos (Van Amburg *et al.*, 1981; Hansen y Sutton, 1985). Estas evidencias sugieren continuar estudios de abundancia de enemigos naturales que incluyan evaluaciones cuantitativas del manejo de la maleza en los alrededores.

2.4.3 Aspectos sobre biología y comportamiento de enemigos naturales

Los estudios sobre enemigos naturales de *Dactylopius* spp. (Goeden *et al.*, 1967; Gilreath y Smith, 1988; Diodato *et al.*, 2004; Portillo y Viguera, 2006) tienen limitada información sobre aspectos básicos de biología, por ello se consideró importante observar y comentar algunos aspectos de campo y laboratorio.

2.4.3.1 *Leucopis bellula* (Chamaemyiidae)

La información sobre la biología de *Leucopis* spp. es escasa (Sluss y Foote, 1971; Fréchette *et al.*, 2008) y aún más la referente a *Leucopis bellula*. La literatura tiene un mayor enfoque hacia especies depredadoras de áfidos (Gaimari y Tuner, 1997; Brewer *et al.*, 2005; Fréchette *et al.*, 2008). En este trabajo se observó que las larvas permanecen principalmente debajo de las cochinillas e incursionan en el área existente entre el abdomen del dactilopido y la cera adherida al nopal, ya que en este sitio se ubican los huevos y ninfas. Cabe mencionar que aunque no se observó a *Leucopis bellula* alimentarse de hembras adultas (Cuadro 7), en ocasiones se apreció una desecación evidente en las hembras de *D. opuntiae* en una colonia con un incremento en la población de larvas de *L. bellula*, estas observaciones podrían sugerir que al reducirse el alimento, las larvas de *L. bellula* rasparían la cutícula de las hembras en busca de alimento.

La movilidad de la larva de *L. bellula* estuvo limitada a una colonia de su presa, en laboratorio se observó que es la única especie cuya larva no mostró desplazamiento de una colonia a otra durante el periodo de luz. Esta conducta de permanecer en una colonia y pupar en un espacio entre dos hembras de cochinilla o incluso debajo de una hembra y

cubierta por la cera, podría ser una estrategia del díptero para: 1) evitar la desecación, 2) reducir tiempo de búsqueda de alimento y 3) evitar depredación y parasitismo.

En observaciones en campo y laboratorio se apreció que las larvas de *L. bellula* tuvieron mayor movilidad a través de la cera de las colonias, cuando ésta era menos compacta. La compactación de la cera en los dactilopidos depende de la incidencia del sol; mayor presencia de luminosidad sobre el cladodio provoca que la cochinilla produzca una cera más compacta. Por tanto, existe una mayor probabilidad de encontrar a los leucópidos en colonias ubicadas en áreas de la planta protegidas de la lluvia y el sol. En condiciones de laboratorio, larvas del último instar de *L. bellula* tuvieron mayor movilidad, inclusive muchas de ellas puparon fuera de la protección de las colonias de cochinilla, esta conducta es semejante a lo reportado por Fréchette *et al.* (2008) para *Leucopis annulipes* Zetterstedt. Tanto en campo como en laboratorio se observó un comportamiento gregario en las larvas de último instar para pupar. Se registró la presencia de dos parasitoides de pupa.

2.4.3.2 *Chilocorus cacti* (Coccinellidae)

En las observaciones de campo y laboratorio se apreció una preferencia de los estados inmaduros y los adultos de *C. cacti* para alimentarse de huevos e inmaduros de la cochinilla, aunque los adultos de este coccinélido pueden depredar a las hembras adultas de *D. opuntiae*. Tanto sus larvas como los adultos son fácilmente distinguibles en los cladodios debido a su forrajeo fuera de las colonias además de su coloración oscura que resalta sobre el color blanquecino de la cochinilla. En adición se observó que *C. cacti* pupa

sobre el cladodio, puede buscar un lugar cercano a las colonias de cochinilla o inclusive pupar encima de la colonia. En este estudio no se registraron parasitoides.

Este coccinélido se utilizó en campañas de control biológico de insectos escama como *Asterolecanium pustulans* (Cockerell) y *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Cruz y Segarra, 1992), *Diaphorina citri* (Pluke *et al.*, 2005). En México, reportes e informes técnicos mencionan que *C. cacti* depreda a “la escama de la nieve” *Unaspis citri* (Comstock) (SENASICA, 2006), “la escama blanca del mango” *Aulacaspis tubercularis* Newstead (González-Carrillo *et al.*, 2008) y “escama de la palma” *Comstockniella sabalis* (Comstock) (Gaona-García *et al.*, 2001).

Un dato interesante es respecto a la visión de los productores de nopales en México Ellos tienen puntos de vista diferentes sobre este coccinélido, algunos consideran que sus larvas son “una especie de cochinilla que ataca a los nopales” y por lo tanto debe ser eliminado. Por otra parte productores de Morelos, Distrito Federal y Estado de México reconocen su importancia como reguladores de poblaciones de “la cochinilla silvestre” *Dactylopius* spp.

2.4.3.3 *Hyperaspis trifurcata* (Coccinellidae)

En condiciones de campo y laboratorio se observó que la estrategia de forrajeo de las larvas fue alimentarse dentro de la colonia principalmente de huevos y ninfas, también buscaron alimento dentro de la colonia o encima de ella; cuando se alimentaron en la superficie de la colonia depredaron ninfas y en menor frecuencia machos fuera del capullo. Los adultos se alimentaron en mayor frecuencia de ninfas fuera de la colonia o bien levantaron a las

hembras adultas de la periferia de la colonia para alimentarse de huevos y ninfas, cuando forrajean encima de la colonia depredaron ninfas y machos expuestos; tanto larvas como adultos depredaron hembras adultas de *D. opuntiae* cuando disminuyeron las ninfas y huevos. Con frecuencia puparon encima de la colonia o dentro de ella. En condiciones de laboratorio se obtuvieron parasitoides en el último instar larval y en estado de pupa.

2.4.3.4 *Sympherobius barberi* y *S. angustus* (Hemerobiidae)

En estado adulto se observó alimentándose de ninfas, mientras que los estados inmaduros se alimentaron principalmente de huevos y ninfas. Sus larvas son más móviles que *L. bellula* y pueden desplazarse dentro de la colonia o en su superficie, en condiciones de campo y laboratorio se observó desplazamiento en el cladodio buscando alimento. Los machos de la cochinilla fueron depredados por las larvas cuando estaban dentro del capullo.

Las larvas de último instar de *S. barberi* fueron capaces de alimentarse de hembras adultas; esta acción fue poco frecuente y se consideró que al igual que la depredación de machos es una alternativa alimentaria cuando disminuyó la cantidad de ninfas y/o huevos. Esta capacidad para alimentarse de todos los instares de *D. opuntiae* y su movilidad le confieren una versatilidad para aprovechar el recurso. De igual forma son versátiles al utilizar cualquier sitio protegido para pupar, por lo general puparon debajo de la colonia y ocasionalmente pueden utilizar capullos abandonados de coccinélidos y pirálidos. Respecto a *Sympherobius angustus* se apreció un comportamiento depredador semejante a *S. barberi* en estado de larva. Fue común encontrar en la misma colecta a las dos especies de *Sympherobius*, *S. barberi* y *S. angustus*, los cuales no son fáciles de diferenciar a simple

vista, pero bajo el estereoscopio se observa que los adultos de *S. angustus* difieren de *S. barberi* por la coloración uniforme de la antena y el margen pronunciado con una coloración café en la inserción de las sedas del ala anterior, mientras que *S. barberi* presenta una antena con la base oscura y el resto de color más claro además de una mancha oscura en las inserciones de sedas de la vena 1A del ala anterior. El rango de distribución de *S. angustus* abarca del sureste de Canadá hasta México, aunque podría ampliarse a Centroamérica, *S. barberi* tiene un rango más amplio de distribución de Norteamérica a Centroamérica (Jhon Oswald, Texas A&M, comunicación personal).

2.4.3.5 *Laetilia coccidivora* (Pyralidae)

Se observó que las larvas pequeñas permanecieron debajo de una sola cochinilla y se alimentaron de los huevos y ninfas debajo de la hembra. Esta conducta fue semejante en este estudio a la observada en *Leucopis bellula*. Una vez consumidos los huevos y ninfas, la larva se alimentó de la hembra adulta. Conforme incrementó su tamaño depredó más hembras adultas. De día permanecieron debajo de una colonia donde la larva forrajó protegida por una secreción de seda. La movilidad de las larvas estuvo relacionada con la cantidad de recurso alimentario, aunque completaron su desarrollo consumiendo una colonia; en ocasiones se dirigieron a una colonia cercana protegidos por una estructura con forma de túnel producida por secreción de seda. Esta característica se aprecia en varias especies de Phycitinae, debido a ella algunos coccidocultores los conocen como “gusano telero” (Portillo y Viguera, 1998). Se encontraron parasitoides en larvas de último ínstar.

Se conoce que *Dactylopius* sp. *D. tomentosus*, *D. confusus* son presas de *L. coccidivora* (Heinrich, 1956). En algunas localidades de México se reporta como uno de los principales depredadores de *D. coccus* (Portillo & Viguera 2003). Por otra parte, depreda una gran variedad de insectos escama, de los cuales se puede mencionar a *Cerococcus*, *Ceroplastes*, *Coccus*, *Iceria*, *Kermes*, *Pseudococcus*, entre otros (Forbes, 1923; Meyrick, 1938; Kimball, 1965; LACM, 1968, citados por Solís, 2008; Clausen, 1972;). Se reporta como depredador ocasional de *Toumeyella lignumvitae* Williams (Williams, 1993). En contraste, se menciona como depredador común de *Lecanium nigrofasciatum* Pergande (Simanton, 1916).

2.4.3.6 *Salpingogaster cochenillivorus* (Syrphidae)

Algunas larvas estuvieron presentes depredando cochinilla en nopales de ornato y en cultivos abandonados. Esta especie se presentó en niveles de infestación de la cochinilla en un rango de 25 a 75% (Cuadro 5). En adición, la presencia de *S. cochenillivorus* fue semejante a muestreos realizados en otros estados (Vanegas-Rico, datos sin publicar) donde se recolectaron larvas en plantas de ornato con una abundancia de hasta cinco larvas por cladodio en infestaciones de cochinilla con un rango de 50-100%.

En variedades de *O. ficus-indica* sin espinas, *S. cochenillivorus* pupó generalmente en el cladodio; en ocasiones pupó encima de la colonia, mientras que en las variedades con espinas pupó más frecuentemente en las espinas o inclusive en plantas cercanas. Se registraron parasitoides gregarios que emergieron en estado de pupa en localidades del estado de México y Distrito Federal (Vanegas-Rico, datos sin publicar).

Originalmente fue descrita como *Baccha cochenillivora* Guérin-Méneville (Gúerin-Méneville, 1848), varios autores reportan a *Baccha* como una especie de sírfido depredador de *Dactylopius* spp. (Piña, 1977; Diodato *et al.*, 2004). Es probable que la especie reportada como *Baccha* corresponda a *S. cochenillivorus*. Esto también lo sugieren Portillo (2005) y Portillo y Viguera (1998) para los sírfidos depredadores de *D. coccus* en Jalisco y Oaxaca, y Estado de México. Mientras que Esparza *et al.* (2008) mencionan que *S. cochenillivora* ataca a *D. coccus*.

En campo y laboratorio se observó que las larvas son más móviles que las propias de los camémidos y pirálidos, la forma de alimentación es consumir la colonia desde el exterior, avanzando hacia su interior, durante este proceso las larvas no consumen la cera que protege a las cochinillas ni los capullos de machos; al final dejan sólo la cera de la colonia y avanzan en busca de otra colonia. Debido a la irregularidad de la presencia de las larvas de *S. cochenillivorus* no se cuantificó la cantidad de colonias consumidas por las larvas.

La falta de heterogeneidad en el manejo del cultivo así como la combinación de los factores involucrados (cantidad y concentración de ingredientes activos en aplicaciones para el control de cochinilla y otros problemas fitosanitarios, cantidad y tipo de abono, manejo de malezas, cobertura y diversidad vegetal cercana al cultivo, etc.), son elementos a considerar en futuras investigaciones sobre enemigos naturales de dactilopidos, ya que aún cuando no se realizaron experimentos que correlacionaran estos factores con la presencia y abundancia de los enemigos naturales de *D. opuntiae*, se apreció una disminución en abundancia de enemigos naturales en las localidades con un mayor manejo químico.

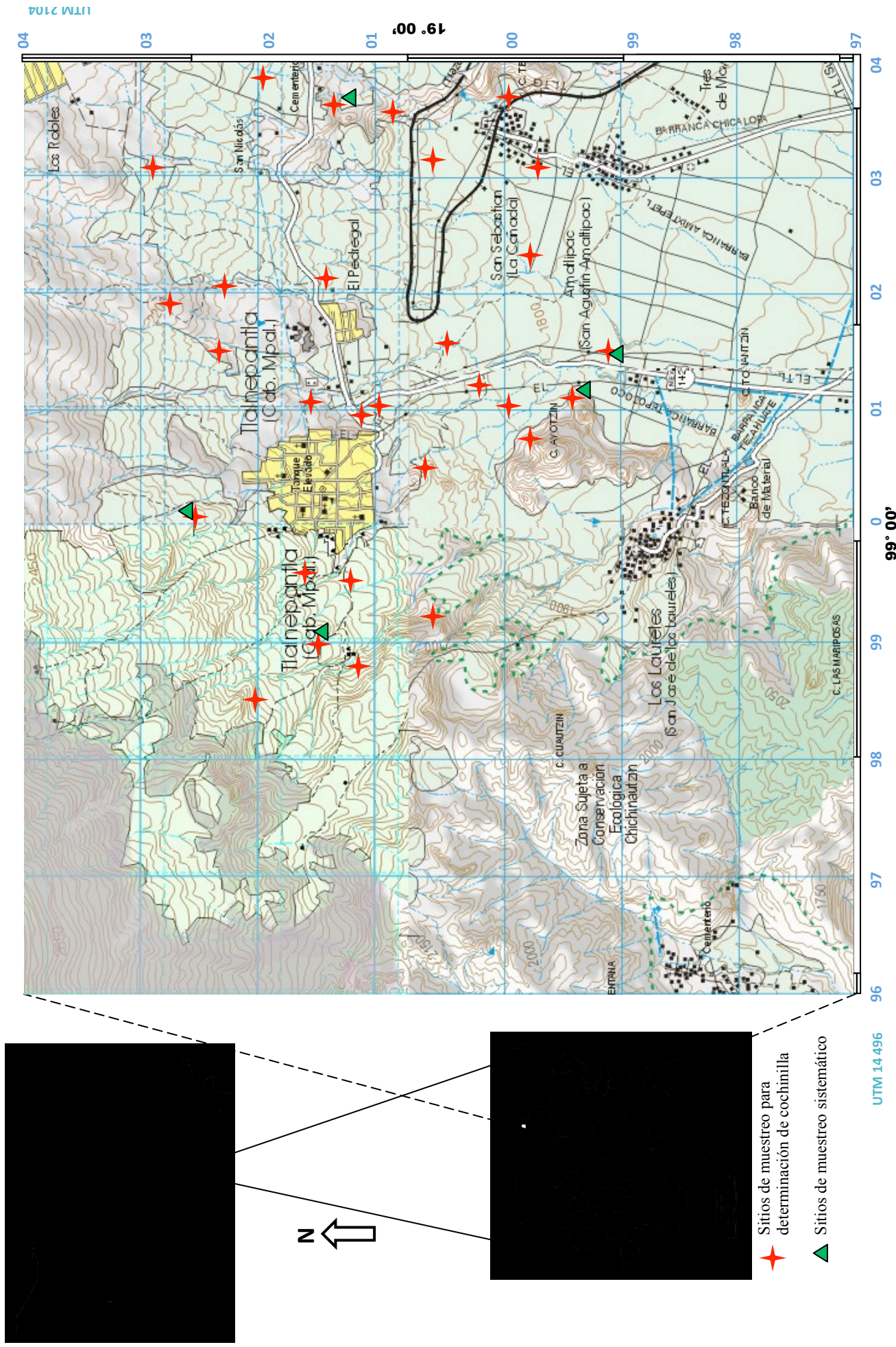


Figura 3. Mapa de la región nopalera de Tlalnepantla, Morelos, México. Modificado de cartas topográficas INEGI e14b41, e14a49, e14a59 y e14b51.

CAPÍTULO III
DINÁMICA POBLACIONAL DE *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) Y SUS
ENEMIGOS NATURALES EN *Opuntia ficus-indica* (L.) MILLER EN
TLALNEPANTLA, MORELOS

3.1 INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que influyen las poblaciones de insectos. Con frecuencia se señala la importancia de los factores bióticos (enemigos naturales, abundancia de alimento, competencia con otros insectos) y abióticos (temperatura, humedad, precipitación) como unas de las limitantes más importantes para el crecimiento poblacional. Para los insectos que no tienen la habilidad de vuelo o desplazamiento activo, por ejemplo los insectos sésiles como Coccidae, Pseudococcidae y Dactylopiidae (Hemiptera: Coccoidea), (Moran *et al.*, 1987; Hodek y Honěk, 2009). El efecto de estos factores pudiera considerarse relativamente más fácil de explicar y entender.

Los insectos pertenecientes a la familia Dactylopiidae son nativos de América, poseen un único género, *Dactylopius* (De Lotto, 1974; Pérez-Guerra y Kosztarab, 1992), cuyas especies se desarrollan como parásitos asociados exclusivamente a cactáceas (Moran, 1980). Los dactilopidos se caracterizan por ser escamas de cuerpo blando con un recubrimiento seroso blanquecino, mismo que los protege de los factores abióticos y en algunos casos contra enemigos naturales (Moran y Hoffmann, 1987). Tradicionalmente el estudio de estos fitófagos se ha abordado en tres vertientes: la primera de ellas desde un

enfoque agronómico por ser plagas de especies de nopales (*Opuntia* spp.), dentro de las cuales sobresale *O. ficus-indica* como la especie más explotada en el mundo como verdura y forraje (Kiesling, 1999). Debido a sus hábitos alimentarios, a los representantes de Dactylopiidae se les conoce como “cochinillas del nopal”. La segunda vertiente es el uso de una de las especies, *D. coccus* Costa, para obtención de colorante natural (Portillo y Viguera, 2006). El tercer aspecto se refiere al uso de varias especies de dactilopidos como agentes de control biológico contra especies de nopal que se convirtieron en maleza, especialmente en Asia, Australia y Sudáfrica (Mann, 1969; Zimmermann *et al.*, 1979).

Bajo estos tres enfoques de Dactylopiidae, diversos autores mencionan la influencia de la temperatura como un factor positivo y la precipitación y humedad relativa como factores negativos en las poblaciones de *Dactylopius* spp. (Hosking, 1984; Moran *et al.*, 1987; Moran y Hoffmann, 1987; Sullivan, 1990; Flores, 1995; Méndez *et al.*, 1995; Tekelemburg, 1995).

Los enemigos naturales son un factor biótico que reduce las poblaciones de cochinilla, algunos autores enlistaron algunas especies (Petty, 1947; Greathhead, 1971; Diodato *et al.*, 2004; Portillo y Viguera, 2006). Existen en menor proporción, trabajos acerca de dinámica poblacional de cochinilla y sus enemigos naturales (Aldama-Aguilera *et al.*, 2005). Se sugiere un papel de los factores abióticos en la dinámica de estos organismos (Gilreath y Smith, 1988), aunque no existen trabajos que correlacionen el efecto del clima sobre estas poblaciones. Se conoce que el clima puede afectar la actividad del depredador, aunque en ocasiones no es un factor determinante.

Por otra parte se menciona que existen otros factores relacionados con las condiciones de manejo de los cultivos tales como la presencia de malezas y reducción de aplicación de insecticidas que tienen un efecto sobre la presencia de plagas y sus enemigos naturales (Norris y Kogan, 2000; Capinera, 2005).

En México, *D. opuntiae* es una plaga primaria en cultivos de nopal verdura (Vanegas-Rico *et al.*, 2008). Pese a la importancia del cultivo en este país no existen estudios sobre la dinámica poblacional de esta plaga ni sobre sus enemigos naturales. Sólo el trabajo de Aldama-Aguilera *et al.* (2005) menciona la dinámica poblacional de depredadores de *D. coccus* y a *H. trifurcata* con *D. opuntiae*. Aunque dicho trabajo no evaluó el papel de los factores abióticos como temperatura y humedad en la presencia de la plaga y sus depredadores.

La falta de estudios básicos sobre *D. opuntiae* es probablemente un factor que contribuye a la dificultad para su control, el cual convencionalmente se realiza mediante aplicación de insecticidas organofosforados (Badii y Flores, 2001). Para desarrollar las bases de un programa de control biológico, dentro del manejo integrado, se requieren estudios sobre dinámica poblacional de la plaga y sus enemigos naturales, así como las correlaciones con factores bióticos y abióticos. Por esta razón, en el presente trabajo se planteó conocer la dinámica poblacional de *D. opuntiae* y sus enemigos naturales en los cultivos de nopal verdura (*O. ficus-indica*) en Tlalnepantla, Morelos, que es una de las zonas de mayor producción de este cultivo en México (SIAP, 2008).

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Área de estudio

La investigación se efectuó en huertos comerciales de nopal verdura, ubicados en el municipio de Tlalnepantla, Morelos ($18^{\circ} 57' N$ y $98^{\circ} 14' O$), cuya altitud oscila entre 1740 y 2400 m. Se seleccionaron cinco sitios para el muestreo: dos en la zona baja (L1, 1741 y L2, 1848 m), y tres en la zona alta (L3, 2105 m; L4, 2132m; y L5, 2200 m).

3.2.2 Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* y sus enemigos naturales

Para la cuantificación del número total de individuos en poblaciones de insectos que viven en colonias densas, como lo son las escamas y dactilopidos, generalmente se utilizan escalas arbitrarias. Para conocer la dinámica poblacional de *D. opuntiae* en la zona de estudio, se diseñó una escala logarítmica mixta utilizando el programa 2LOG ver 1.0 (Mora-Aguilera *et al.*, 2000) para establecer los niveles de infestación con base en el número de colonias y el área que cubren respecto del área total del cladodio. Para el presente estudio se establecieron seis niveles de infestación (Capítulo I, Figura 2).

Para seguir la dinámica poblacional de *D. opuntiae* se realizaron muestreos quincenales, de febrero de 2008 a febrero de 2009. De cada localidad se seleccionaron 10 plantas y de cada una de ellas se escogió un cladodio y se registró su nivel de infestación. De estos cladodios se recolectaron cinco colonias maduras (con hembras grávidas), las cuales se colocaron en cajas de Petri de acrílico de 2.5 cm de diámetro. Con ello se obtuvo una muestra de 50 colonias por localidad.

Para conocer los enemigos naturales asociados, cada colonia de cochinilla se revisó bajo microscopio estereoscópico y se determinó el número de hembras adultas por colonia, así como las especies y número de los insectos entomófagos. Estos se separaron de acuerdo con su identidad taxonómica y estado de desarrollo (larva, pupa o adulto). Los entomófagos en estado larval, se colocaron en recipientes individuales y se alimentaron con *D. opuntiae* criada en laboratorio y libre de otros organismos. Las pupas de los enemigos naturales se mantuvieron individualmente en cápsulas de gelatina, hasta la emergencia de los adultos, los cuales se procesaron para su posterior identificación.

Para determinar si existió un efecto de la presencia y abundancia de los enemigos naturales sobre el nivel de infestación y densidad poblacional de la cochinilla del nopal se realizaron pruebas de correlación simple entre el número de hembras adultas por colonia y el nivel de infestación por cladodio, contra abundancia de cada una de las especies de depredadores encontrados.

3.2.3 Efecto de factores abióticos en la dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae*

Para determinar el efecto de los factores abióticos sobre la dinámica poblacional de *D. opuntiae* se consideraron los datos de número de hembras adultas de *D. opuntiae* por colonia, además del nivel de infestación por cladodio, los cuales fueron descritos en la sección anterior. Los factores abióticos considerados en el análisis fueron temperatura mínima y máxima (°C) y precipitación (mm).

Para la obtención de los datos de temperatura se instalaron dos unidades individuales de monitoreo climático modelo LE-USB-2© (Lascar Electronics, USA) en la zona de estudio. Uno de ellos se colocó en una de las parcelas de la parte alta (L4) y el segundo en la parcela L2 de la parte baja.

Los datos de precipitación fueron proporcionados por la estación meteorológica Tlacualera, Ayala, Morelos (Estación No. 00017021, Latitud: 19°02'17" N., Longitud: 098°56'37" O., Altitud: 2,550.0 msnm) operada por el Servicio Meteorológico Nacional (CNA, 2009). Con esta información, se corrieron análisis de correlación simple entre parámetros proporcionales de *D. opuntiae* y los factores climáticos señalados utilizando el programa estadístico Statistix versión 8.1 (Analytical Software, 2003).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* y sus enemigos naturales.

Las poblaciones de *D. opuntiae* aumentaron en las cinco localidades a partir del mes de febrero, y registraron valores cercanos al 100% de infestación en la segunda semana de mayo. Posterior a esto, las poblaciones disminuyeron gradualmente (Figura 4). En las localidades de la zona baja (L1 y L2) se registraron valores de 0 infestación a partir del mes de agosto y se obtuvo un incremento en enero y febrero respectivamente. En la localidad L3 y L5 *D. opuntiae* permaneció durante todo el año, en ambas localidades se registró la mayor infestación durante el periodo de mayo a junio, cuyos valores en la escala de infestación fueron 6 en L3 y 5.9 en L5.

En la localidad L3 sus poblaciones tuvieron el menor registro (nivel 2) en dos diferentes fechas (la primera semana de octubre y la segunda semana de enero del siguiente año).

En L5 se observó la menor infestación en la segunda semana de diciembre (nivel 2.2) y en L4 las poblaciones de *D. opuntiae* se registró un valor de 5.9 de infestación en la segunda semana de mayo y un valor de 0 infestación en el periodo de noviembre a febrero del siguiente año (Figura 4 y 5).

En la zona de estudio se presentaron en orden de abundancia los siguientes depredadores: *Leucopis bellula* Williston (Diptera: Chamaemyiidae), *Symphorobius barberi* (Banks) (Neuroptera: Hemerobidae), *Laetilia coccidivora* (Comstock) (Lepidoptera: Pyralidae), *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coleoptera: Coccinellidae), *Salpingogaster cochenillivorus* (Guérin-Ménéville) (Diptera: Syrphidae), *Symphorobius angustus* (Banks) (Neuroptera: Hemerobidae) y *Chilocorus cacti* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). Las poblaciones de las últimas tres especies fueron reducidas y esporádicas por lo que no se realizó análisis de correlación para ellas.

La dinámica poblacional de enemigos naturales de *D. opuntiae* no fue homogénea, pero se observó que las poblaciones de los depredadores *Leucopis bellula* y *Symphorobius barberi* tuvieron un incremento en el mes de abril, con una densidad poblacional cercana a 1.5 individuos en la muestra de 10 pencas de nopal (de aquí en adelante ind/muestra) en el mes de mayo, misma que descendió a partir de junio (Figura 4). Las poblaciones de los otros dos depredadores no mostraron una tendencia clara en su dinámica (Figura 5).

Las poblaciones del díptero *Leucopis bellula* estuvieron presentes en las cinco localidades durante todo el periodo en que estuvo presente su presa. Se registró en mayo una densidad de 1.2 y 1.4 ind/muestra en las localidades L1 y L2, respectivamente. En la localidad L2 la mayor densidad poblacional se alcanzó en abril con 2.5 ind/muestra. Mientras que en la zona alta, las localidades L4 y L5 no presentaron una tendencia clara en su dinámica poblacional, los valores más altos en ambas localidades fueron de 0.5 y 1, respectivamente (Figura 5).

La dinámica poblacional del neuróptero *Symphorobius barberi* presentó una tendencia semejante en las localidades L1, L2 y L3 y registró los valores máximos de 0.7, 1.6 y 2.4 ind/muestra, respectivamente, en la segunda semana de mayo. En las localidades L4 y L5 sus poblaciones fueron poco frecuentes y abundantes con valores máximos de 0.1 y 0.2 en abril y mayo, respectivamente.

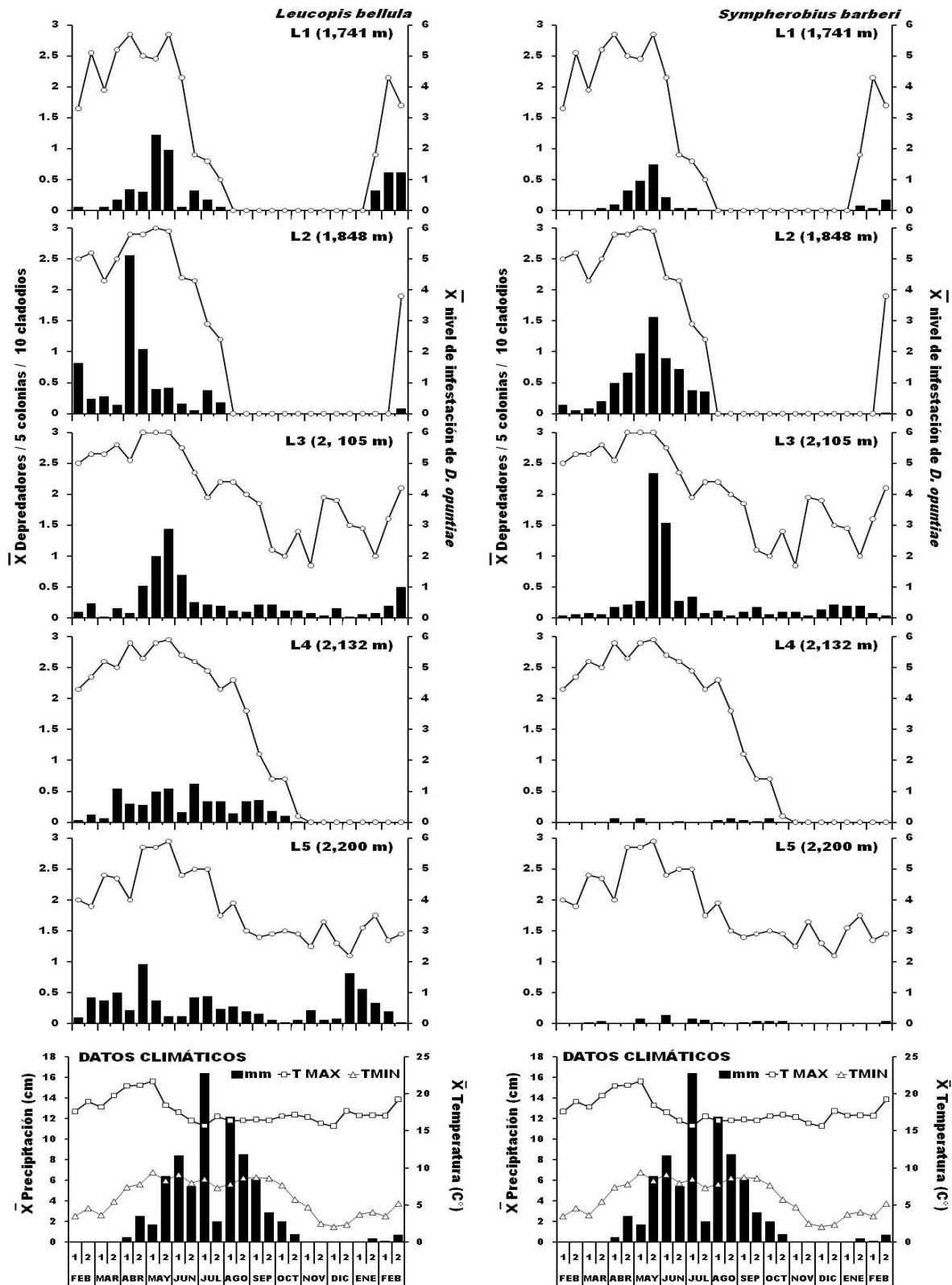


Figura 4. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae*, sus depredadores *Leucopis bellula* y *Sympherobius barberi* y factores climáticos en cinco localidades de Tlalnepantla, Morelos. Periodo de febrero de 2008 a febrero de 2009. Localidades ordenadas en orden ascendente en altitud.

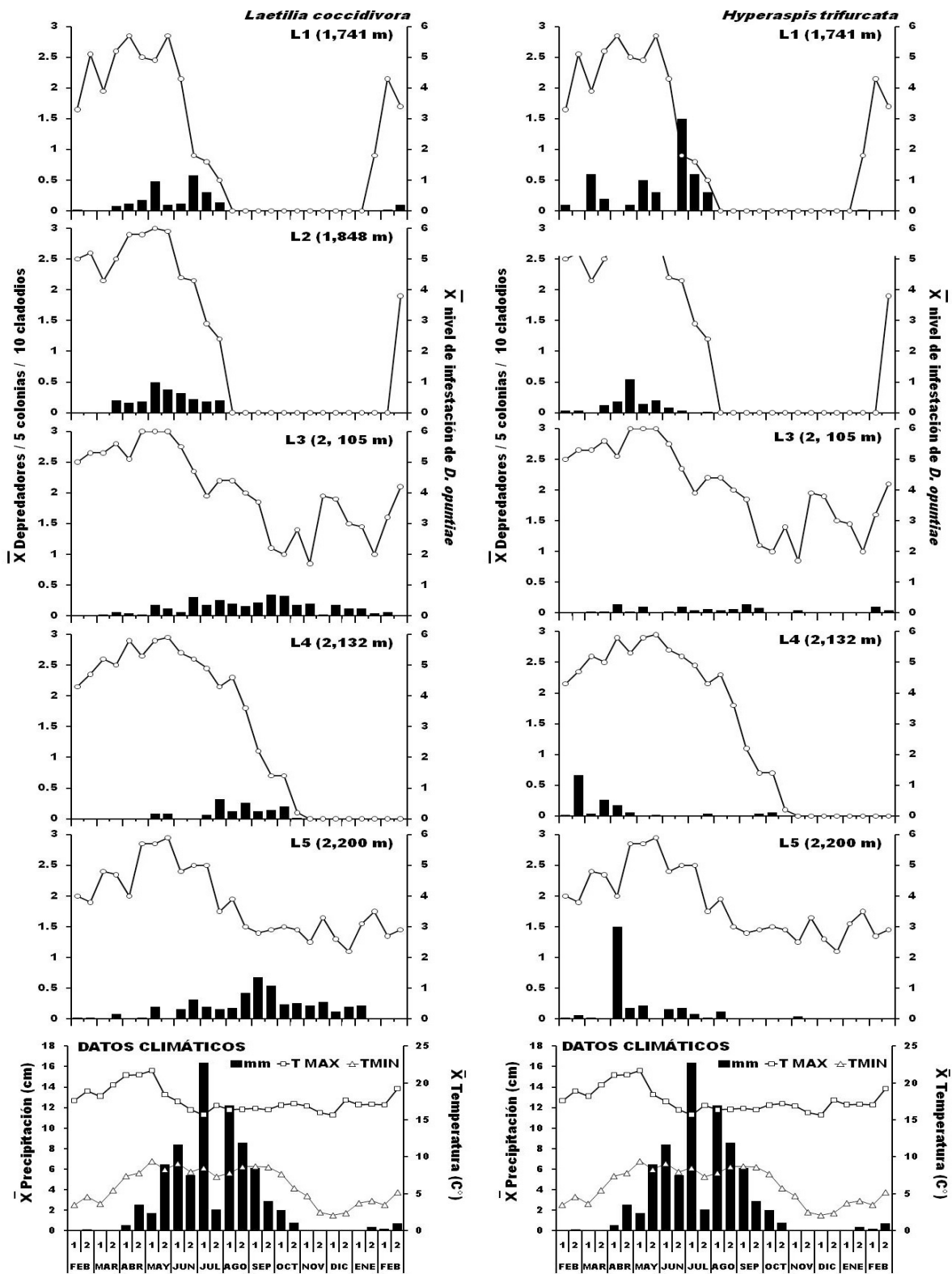


Figura 5. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae*, sus depredadores *Laetilia coccidivora* e *Hyperaspis trifurcata* y factores climáticos en cinco localidades de Tlalnepantla, Morelos. Periodo de febrero de 2008 a febrero de 2009. Localidades ordenadas en orden ascendente en altitud.

El pirálido *Laetilia coccidivora* se presentó con mayor frecuencia a partir de mayo en las localidades L3, L4 y L5, registrando valor de densidad poblacional menores a 0.5 ind/muestra en L3 y L4, mientras que en L5 el valor más alto fue 0.6 ind/muestra. En la localidad L1 su dinámica fue semejante a la de su presa registrando un incremento gradual de marzo a mayo, registrando en la primera quincena de mayo un valor máximo de 0.5 ind/muestra. De igual forma en L2 registró el mayor valor (0.5 ind/muestra) en la primer quincena de mayo (Figura 5).

Las poblaciones de *Hyperaspis trifurcata* fueron más frecuentes en el periodo de febrero a julio. Sólo en la localidad L2 se aprecia un incremento gradual de marzo a abril, cuyo mayor valor fue 0.5 ind/muestra. El resto de las localidades no presentan un patrón claro en su dinámica poblacional. Los valores más altos para cada localidad fueron: 1.5 ind/muestra en la segunda semana de mayo para la localidad L1, mientras que en la localidad L3 el valor máximo fue de 0.2 ind/muestra en dos fechas distintas de los meses de abril y septiembre. Finalmente, se registraron valores de 0.7 ind/muestra en febrero y 1.4 ind/muestra en abril en las localidades de L4 y L5, respectivamente (Figura 5).

Los análisis de correlación entre la densidad poblacional de cochinilla del nopal (número de hembras adultas por colonia) y sus enemigos naturales mostraron valores de correlación significativos en prácticamente todos los casos en la localidad L2, mientras que en la localidad L5 no se registró ningún caso de correlación entre ambas poblaciones. En el resto de las localidades se presentaron valores mixtos (Cuadro 8). La correlación entre el número de hembras adultas de *D. opuntiae* y las poblaciones de *Hyperaspis trifurcata* muestran

valores negativos en la localidad L1 ($r = -0.68$) y positivos en L2 ($r = 0.63$). Las poblaciones de *Laetilia coccidivora* registraron valores de correlación significativos sólo en L2 ($r = 0.75$). Las poblaciones del díptero *Leucopis bellula* mostraron una correlación significativa en L3 ($r = 0.68$) y L4 ($r = 0.54$). Los valores de *Symphorobius barberi* en L1 ($r = 0.53$), L2 ($r = 0.69$) y L3 ($r = 0.62$) mostraron una correlación positiva significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Correlación de abundancia de enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* respecto a número de hembras adultas/colonia en Tlalnepantla, Morelos.

Enemigos naturales		Colonias de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i>				
		Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3	Localidad 4	Localidad 5
<i>Hyperaspis</i>	r	-0.68	0.63	-0.06	-0.04	0.28
	p	<0.01	0.02	0.73	0.87	0.16
<i>Laetilia</i>	r	-0.36	0.75	-0.22	-0.16	-0.18
	p	0.18	<0.01	0.26	0.51	0.37
<i>Leucopis</i>	r	0.26	0.44	0.68	0.52	0.22
	p	0.33	0.13	<0.01	0.02	0.27
<i>Symphorobius</i>	r	0.53	0.69	0.62	-0.13	0.27
	p	0.04	<0.01	<0.01	0.58	0.16

Por otro lado, el análisis de correlación entre el nivel de infestación de *D. opuntiae* y sus enemigos naturales mostró valores de significativos prácticamente en todos los casos en la localidad L3, y no se presentó ningún caso en la localidad L5. En el resto de las localidades los resultados fueron variables (Cuadro 9). Para el caso de *Hyperaspis trifurcata* la correlación sólo fue significativa en L2 ($r = 0.60$). *Laetilia coccidivora* presentó valores de correlación negativos en las localidades L1, L3, L4 y L5, aunque estos registros sólo fueron significativos en L3 y L5. *Leucopis bellula* registró valores positivos en las localidades L3 ($r = 0.52$) y L4 ($r = 0.46$). *Symphorobius barberi* mostró una correlación significativa en L3 ($r = 0.36$).

Cuadro 9. Correlación de abundancia de enemigos naturales de *D. opuntiae* respecto a nivel de infestación de la cochinilla en Tlalnepantla, Morelos

Enemigos naturales		Nivel de infestación de <i>Dactylopius opuntiae</i>				
		Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3	Localidad 4	Localidad 5
<i>Hyperaspis</i>	r	-0.41	0.60	0.02	0.15	0.19
	p	0.13	0.02	0.90	0.54	0.33
<i>Laetilia</i>	r	-0.24	0.29	-0.41	-0.34	-0.33
	p	0.40	0.33	0.03	0.15	0.09
<i>Leucopis</i>	r	0.33	0.45	0.52	0.46	0.31
	p	0.22	0.12	<0.01	0.05	0.11
<i>Symphorobius</i>	r	0.48	0.41	0.36	-0.13	0.29
	p	0.67	0.15	0.06	0.58	0.14

3.3.2 Factores abióticos en la dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae*

En la zona de estudio se tiene una precipitación anual un poco mayor a los 1000 mm. El periodo de lluvias en la zona de estudio (precipitación mayor a 100 mm mensuales) inicia en junio y continúa hasta principios de septiembre. Los máximos de precipitación se registran entre mayo y junio (>200 mm mensuales). A partir de agosto las precipitaciones descienden gradualmente hasta presentarse niveles de precipitación mensual menores a 20 mm durante el periodo de diciembre a marzo.

Durante el periodo de estudio, la temperatura máxima registró un valor promedio de 17.6 °C en febrero de 2008 y presentó un incremento gradual cuyo valor máximo fue 21.6 °C en la primer semana de mayo; a partir de éste periodo descendió durante junio y julio registrando el valor más bajo en la segunda semana de julio (15.6 °C). La temperatura se mantuvo constante (aproximadamente 16.6 °C) durante el periodo de agosto a noviembre; a partir de la segunda semana de diciembre se incrementó (17.6 °C) y se mantuvo constante hasta la segunda semana de febrero de 2009 donde incrementó a 19.2 °C (Figura 4).

3.3.3 Correlación de *Dactylopius opuntiae* y factores abióticos

Entre los factores abióticos estudiados en el presente trabajo se observó que la temperatura máxima presentó un mayor nivel de correlación en las cinco localidades para la variable nivel de infestación, de los cuales el nivel de correlación más alto ($r = 0.74$) se presentó en la localidad L1 y el más bajo en L4 ($r = 0.49$). Se observó una disminución gradual en los valores de correlación entre nivel de infestación y temperatura máxima (Cuadro 10).

Cuadro 10. Correlación de poblaciones de *D. opuntiae* y factores abióticos. Periodo de febrero 2008 a febrero 2009.

<i>Dactylopius opuntiae</i>			Temp min. (C°)	Temp. Max. (C°)	Precipitación (mm)
Nivel Infestación	L 1	r	0.5	0.74	-0.30
		p	0.84	< 0.01	0.26
	L 2	r	0.43	0.64	< 0.01
		p	0.10	< 0.01	0.99
	L 3	r	0.20	0.57	0.10
		p	0.31	< 0.01	0.59
	L 4	r	0.01	0.49	0.12
		p	0.96	0.03	0.62
	L 5	r	0.47	0.50	0.33
		p	0.01	< 0.01	0.09
Hembras Adultas	L 1	r	0.12	0.66	-0.28
		p	0.66	<0.01	0.31
	L 2	r	0.74	0.51	0.28
		p	< 0.01	0.04	0.30
	L 3	r	0.45	0.52	0.30
		p	0.02	<0.01	0.12
	L 4	r	0.35	0.42	0.31
		p	0.15	0.08	0.19
	L 5	r	0.48	0.48	0.25
		p	0.01	0.01	0.20

Respecto a la variable de hembras adultas por colonia, se observó una correlación positiva con el factor temperatura máxima ($r > 41$) en todas las localidades, el cual fue significativo en cuatro de ellas ($p < 0.05$) aunque en la localidad L4 estuvo cerca de un valor significativo ($p = 0.08$). El valor más alto fue en L1 ($r = 0.66$) y el más bajo en L4 ($r = 0.42$) (Cuadro 10).

La temperatura mínima sólo presentó correlación ($r = 0.47$) con la variable nivel de infestación en la localidad L5, se observó en L2 valores de correlación de 0.43 aunque no fueron significativos ($p > 0.10$). Por otra parte, la correlación entre las hembras adultas y la temperatura mínima fue positiva en las localidades L2, L3 y L5, cuyo valor máximo se registró en L2 ($r = 0.74$) y la mínima en L3 ($r = 0.45$).

Tanto el nivel de infestación como el número de hembras adultas por colonia presentaron una correlación negativa con precipitación en la localidad L1, mientras que en el resto de las localidades la correlación fue positiva. Sin embargo, ninguna de ellas fue estadísticamente significativa (Cuadro 10).

El nivel de infestación de *D. opuntiae* se correlacionó con *Hyperaspis* sólo en L2 ($r = 0.60$). *Laetilia coccidivora* presentó valores de correlación negativos en las localidades L1, L3, L4 y L5, aunque estos registros sólo fueron significativos en L3 y L5. *Leucopis bellula* registró valores positivos en las localidades L3 ($r = 0.52$) y L4 ($r = 0.46$); y *Symphorobius barberi* mostró una correlación significativa en L3 ($r = 0.36$).

3.4 DISCUSIÓN

3.4.1 Dinámica poblacional

En la zona de estudio la única especie de cochinilla detectada fue *D. opuntiae*. Anteriores trabajos mencionan la presencia de dactilopidos en el estado de Morelos, aunque ninguno reporta a *D. opuntiae* en Tlalnepantla (MacGregor y Sampedro, 1984; Pérez-Guerra y Kosztarab, 1992), sólo existe el registro de la especie *D. indicus* (Green) (COLPOS, 2005), el cual fue un registro incorrecto, ya que al revisar el material éste corresponde a *D. opuntiae*.

En dos de las localidades (L3 y L5) la cochinilla del nopal estuvo presente en prácticamente todo el año; sin embargo, en el resto de las localidades las poblaciones se vieron diezgadas en parte debido a la aplicación de productos químicos por los productores de la zona. La dinámica de la población de cochinilla del nopal fue semejante a la reportada en trabajos anteriores en Morelos (Colegio de Postgraduados, 2005) y el Estado de México (Aldama-Aguilera *et al.*, 2005), con un pico poblacional durante la época de menor precipitación.

De los siete depredadores encontrados en la zona de estudio sólo cuatro, *Leucopis bellula*, *Sympherobius barberi*, *Laetilia coccidivora*, *Hyperaspis trifurcata*, fueron los más frecuentes y con abundancias que permitieron inferir su potencial como agentes de control biológico. Estas especies se reportan en trabajos previos como depredadores de cochinillas de la familia Dactylopiidae (Goeden *et al.*, 1967; Gilreath & Smith, 1988) y actualmente algunas de ellas (*S. barberi*, *L. coccidivora* y *C. cacti*) se evalúan como agentes potencial de control biológico en México (Guerrero-Hernández y Viguera, 2007, Villanueva, 2007;

Esparza *et al.*, 2008; Pacheco-Rueda *et al.*, 2009). Sólo para las especies *L. coccidivora* e *H. trifurcata* se conocen aspectos de dinámica poblacional. (Aldama-Aguilera *et al.*, 2005).

La participación de los enemigos naturales puede afectar la dinámica poblacional de especies de insectos sésiles como los del grupo Coccidoidea (Aldama-Aguilera *et al.*, 2005). Respecto a *D. opuntiae*, los cuatro depredadores arriba señalados estuvieron presentes la mayor parte del año, principalmente en los periodos de baja precipitación.

En general los depredadores fueron más abundantes en las localidades a altitud intermedia (1800 a 1900 m). Sólo en las poblaciones de *S. barberi* se observó una disminución que probablemente se relacionó con las condiciones ambientales que se presentan al aumentar la altitud. *L. bellula* fue la especie más abundante (44.7 % de los organismos recolectados) y se presentó durante todo el año, esta frecuencia continua en ocasiones no se observa en otras especies de enemigos naturales cuyas poblaciones aparecen sólo en determinadas épocas del año (Liu *et al.*, 2004).

En contraste, *H. trifurcata* fue el depredador menos abundante (12.2 %), trabajos previos mencionan a este coccinélido como uno de los depredadores más abundantes en cultivos de nopal en el estado de México y su dinámica poblacional fue semejante a la de su presa (*D. opuntiae*) (Aldama-Aguilera *et al.*, 2005). Las diferencias con lo encontrado en el presente trabajo podría deberse a que el estudio arriba señalado se llevó a cabo en parcelas donde la aplicación de insecticidas fue nula, mientras que en Tlalnepantla la aplicación de insecticidas es una práctica común.

Al igual que la dinámica de *D. opuntiae* los cuatro depredadores en las localidades L1 y L2 tuvieron sus máximos en la época de secas. En la localidad L3 sólo *L. bellula* y *S. barberi* presentaron una dinámica similar a su presa. En la localidad L5 *Laetilia coccidivora* y *Leucopis bellula* fueron los depredadores más frecuentes. Finalmente en L4 se obtuvo la densidad poblacional más baja de depredadores en este estudio y no se observó una tendencia clara en la dinámica poblacional de los enemigos naturales. Estos datos concuerdan con lo reportado en diversos trabajos donde se registra que las poblaciones de enemigos naturales en general fluctúan de acuerdo a los cambios poblacionales de su presa.

3.4.2 Correlación *D. opuntiae*, enemigos naturales y factores abióticos

La densa dependencia depredador-presa es una característica ecológica de interés en los programas de control biológico, en el caso de insectos que conforman colonias como son las cochinillas se requiere conocer además si la cantidad de organismos en una colonia pudiera tener una influencia en la presencia de sus enemigos naturales. Los valores de correlación entre los niveles de infestación y número de hembras adultas de *D. opuntiae*, presentaron una correlación con la presencia de sus enemigos naturales, particularmente con *L. bellula* y *S. barberi*, en las localidades de menor manejo (Cuadro 8 y 9), esta abundancia pudo deberse en parte a sus hábitos de forrajeo registrados en este estudio en campo y laboratorio.

El díptero *Leucopis bellula*, durante el fotoperiodo de luz, forrajeó exclusivamente bajo las colonias de cochinilla para alimentarse de huevos y ninfas, algunas puparon entre el espacio de la hembra y el nopal rodeado por la propia cera de su hospedero. Esta actividad pudo

protegerlo de las incidencias del clima y las aplicaciones de insecticidas. En adición, se apreció un comportamiento gregario en las larvas de último ínstar, inclusive se recolectaron hasta dos pupas de *L. bellula* debajo de una sola hembra adulta, lo cuál incrementó el número de organismos recolectados. Las larvas de *Symphorobius barberi* fueron más activas, éstas forrajearon tanto debajo de la colonia como encima de ella y se observaron movilizaciones durante el día sobre la superficie del nopal.

Los factores abióticos por su parte, son elementos que juegan un papel importante en la dinámica poblacional de las especie plaga y sus enemigos naturales. En este trabajo se encontró que algunos factores climáticos como temperatura y precipitación tuvieron una influencia sobre las especies estudiadas. La temperatura fue un factor que favoreció la infestación de *D. opuntiae* al reducir su ciclo, mientras que los datos de lluvia, aunque estadísticamente no fue corroborado, sugieren que este factor tuvo un efecto negativo sobre las poblaciones de cochinilla, esto se señaló para otras especies de *Dactylopius* (Hosking, 1984; Moran y Hoffmann, 1987; Sullivan, 1990).

Debido a que el muestreo se dirigió siempre a recolectar colonias de *D. opuntiae*, los datos sobre la densidad poblacional de la cochinilla fueron más elevados del resto de los cultivos y probablemente por esto no se obtuvo una correlación clara con los datos de precipitación. Es por esto que se sugieren más estudios que contribuyan a esclarecer el papel de la precipitación sobre la presencia de *D. opuntiae* bajo las condiciones de los cultivos de nopal verdura. Además, la intensidad de lluvia fue otro factor no medido y que se conoce puede afectar poblaciones de enemigos naturales (Norris *et al.*, 2002).

Existieron factores abióticos no cuantificados en este trabajo, mismos que pudieron tener un efecto en las poblaciones de *D. opuntiae* y sus enemigos naturales. La humedad es un factor que alarga el ciclo de vida de *Dactylopius* (Flores, 1995) y tiene una participación en aspectos del ciclo de vida de depredadores como crisópidos y coccinélidos (Tauber y Tauber, 1983; Pappas *et al.*, 2008; Simmons *et al.*, 2008). Por otra parte, el granizo fue un factor no cuantificado para este estudio, sin embargo se observó una influencia sobre las poblaciones de *D. opuntiae* por efecto de derribo, inclusive se observaron daños a los cladodios, principalmente a los utilizados como verdura. Flores-Valdéz (1995) reconoce que el granizo es un factor poco estudiado que tiene un efecto en poblaciones de *D. coccus* en Perú.

Respecto a los factores bióticos, se observó que los hábitos de forrajeo registrados en este estudio en campo y laboratorio pudieron influenciar la frecuencia y abundancia de los depredadores. Aunque las larvas son más versátiles en el aprovechamiento del recurso alimentario, pudo existir una mayor exposición a los insecticidas. Se conoce que *S. barberi* son susceptibles a aplicaciones de insecticidas en cultivos de cítricos (Meyerdirk *et al.*, 1979).

En campo y laboratorio se observó que las larvas de *S. barberi* tuvieron una mayor capacidad de búsqueda así como una explotación más eficiente del recurso alimentario, ya que se alimentaron de huevos, ninfas (I y II), hembras adultas y machos dentro del capullo (Vanegas-Rico, capítulo 2 de este documento). En campo se observó además que los adultos de este hemerobido se alimentaron de ninfas de *D. opuntiae*.

Leucopis bellula por su parte tuvo un forrajeo restringido a la parte basal de las colonias de cochinilla donde se introdujo entre la parte abdominal de las hembras adultas y la superficie del nopal para alimentarse de huevos y ninfas de primer ínstar.

3.4.3 Manejo del cultivo

Los aspectos relacionados con el manejo de los cultivos de nopal en Tlalnepantla generaron condiciones heterogéneas. En las parcelas donde se realizaron los muestreos, se observaron variantes en su manejo y problemas fitosanitarios, las más evidentes fueron cantidad y concentración de ingredientes activos en aplicaciones para el control de cochinilla, cantidad y tipo de abono, manejo de malezas, cobertura y diversidad de plantas cercanas al cultivo.

En este estudio se observó que el abono fue de origen bovino, avícola o mezcla de ambos, las cantidades y calendario de fertilización se realizaron conforme al criterio del productor, lo cual pudo influenciar los niveles de infestación de *D. opuntiae*, pues se considera que la cantidad de nutrientes en *O. ficus-indica*, así como el tipo de abono está relacionado con la infestación de *Dactylopius coccus*.

Las malezas más comunes en los cinco sitios de muestreo fueron: *Wigandia urens* (Ruiz y Pavón) H.B.K., *Lepidium virginicum* L., *Conyza canadensis* (L.) Crong, *Argemone ochroleuca* Sweet, *Chenopodium* sp., *Reseda luteola* L., *Senna multiglandulosa* (Jacq.), *Sonchus oleraceus* y *Bidens odorata* Cav. (Vanegas-Rico datos no publicados). El manejo de estas malezas en la región depende de la condición económica de los productores, la

densidad de plantas en el cultivo no permite el uso de maquinaria para eliminar las malezas, por lo que su manejo se realiza mediante control manual, químico o quema de vegetación.

La importancia de las malezas en cultivos es controversial, autores como Addiel-Moniem (2005) mencionan que las malezas son un reservorio para especies plaga y otros mencionan su papel como fuente de alimento y protección para enemigos naturales. Sin embargo, en el caso de los dactilopidos su especialización evolutiva con cactáceas es una condicionante para no infestar las malezas en el cultivo, por lo que las malezas podrían afectar sólo la cantidad de nutrientes disponibles para *O. ficus-indica*, estudios sobre *O. polycantha* señalan una baja competencia interespecífica con pastos debido a la fisiología de esta cactácea aunque se reconocen falta de estudios sobre efectos de maleza en la producción de cladodios (Dodd y Lauenroth, citados por Burger y Louda, 1994).

En algunas localidades se realizó una quema de vegetación dentro y fuera del cultivo, esta disminución de vegetación pudo reducir la fuente alimentaria para los depredadores adultos, pues se conoce que especies de hemerobidos y coccinélidos utilizan plantas aledañas al cultivo como refugio y fuente de alimento (Altieri y Withcomb, 1979; Szentkirályi, 2001; Miliczky y Horton 2005). La quema de vegetación pudo tener un efecto adverso tanto para las poblaciones de enemigos naturales como para el propio cultivo. Se conoce que la destrucción del hábitat reduce la presencia de enemigos naturales en otros cultivos (Van Amburg *et al.*, 1981; Hansen y Sutton, 1985). Además se observaron daños a las pencas del nopal, lo cual debilitó a las plantas y probablemente favoreció la reinfestación de *D. opuntiae*, esto es semejante a lo observado en poblaciones de *D. confusus* sobre cladodios dañados por fuego (Sickerman, 1982).

Otras poblaciones de fitófagos de nopal como *Chelinidea tabulta* Burm tiene un patrón de reinfestación después de incendios y se reporta una predilección de *C. vittiger* Uhler por cladodios dañados por fuego (Davis, 1986, Sickerman y Wangberg, 1983).

El efecto de aplicaciones de insecticidas en poblaciones de insectos plaga y sus enemigos naturales es tema de diversos trabajos (Meyerdirk et al., 1979; Barras, 1993, Desneux *et al.*, 2007). En algunas ocasiones se demostró el efecto adverso de aplicaciones en poblaciones de enemigos naturales cuya disminución favoreció el incremento poblacional de su presa (Hart e Ingle, 1971). En este sentido, la dinámica poblacional de *D. opuntiae* y sus depredadores pudo ser influenciada por aplicaciones de insecticidas durante el periodo de muestreo, pues se observó un efecto negativo en sus poblaciones, particularmente fue más evidente en las localidades L1, L2 y L4 (Figuras 2 y 3).

Trabajos previos en el área de estudio mencionan que los principales problemas fitosanitarios son, en la zona baja de Tlalnepantla (L1 y L2), “el picudo del nopal” *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) y *D. indicus*, mientras que en la parte alta (L4 y L5), la cochinilla del nopal y principalmente “la mancha negra del nopal” *Pseudocercospora opuntiae* (Colegio de Postgraduados, 2005). Para el manejo de estos problemas los productores de la zona realizan aplicaciones periódicas y calendarizadas y esto pudiera ser un factor que afectó las poblaciones de *Dactylopius opuntiae* y sus enemigos naturales (Figuras 4 y 5) observadas en el presente estudio.

Tanto en la localidad L1 como en L2, en los primeros días de agosto en ambas localidades se realizaron aplicaciones contra la cochinilla con la intención de eliminarla del cultivo, el efecto de las aplicaciones en conjunto con la lluvia tuvieron un efecto negativo sobre las poblaciones de la plaga y sus enemigos naturales al eliminarlos de las parcelas en el periodo de agosto a enero del siguiente año. Antes de este periodo en L1 se realizaron aplicaciones contra la cochinilla, mientras que en L2 sólo se realizó una aplicación en el mes de marzo, el resultado contrasta en ambas localidades, ya que L1 fue la penúltima localidad en abundancia de enemigos naturales y L2 fue la más abundante.

La localidad L3 fue la segunda en abundancia de enemigos naturales, probablemente el bajo manejo químico contribuyó con la presencia de la cochinilla y sus enemigos naturales durante todo el año. En contraste, la localidad L5 presentó un mayor control químico y una presencia de cochinilla durante todo el año con poblaciones bajas de enemigos naturales (Figuras 4 y 5). Parte del problema que se observó en esta localidad es la forma de aspersión de las aplicaciones ya que éstas fueron superficiales y permitieron la permanencia de la cochinilla en el estrato más bajo de la planta. Esta sobrevivencia permitió a la cochinilla recolonizar las pencas superiores (Vanegas-Rico datos sin publicar), un efecto similar se apreció en poblaciones de *Coccus hesperidum* L., donde el insecticida reduce las poblaciones de la plaga y sus enemigos naturales, posteriormente al eliminarse los enemigos naturales, las poblaciones del cóccido se restablecieron y aumentaron considerablemente (Hart e Ingle, 1971).

En la localidad L4 se registró la menor abundancia de enemigos naturales de *D. opuntiae* (Vanegas-Rico capítulo 2 de este documento). El productor realizó cinco aplicaciones durante el periodo de noviembre de 2008 a enero del siguiente año contra la cochinilla y “la mancha negra del nopal”, *Pseudocercospora opuntiae*. En adición, a finales de enero de 2009 se realizaron podas de saneamiento lo cual afectó la persistencia e infestación de los dactilopidos en el cultivo y por consiguiente a los estados inmaduros de sus depredadores. Las poblaciones más afectadas a en esta localidad fueron *L. coccidivora* y *S barberi*, de este último se conoce que los adultos pueden sobrevivir a temporadas de invierno aunque se menciona que son susceptibles a algunos plaguicidas. La localidad L5 registró valores bajos del depredador *S. barberi*; sin embargo, la densidad poblacional de *L. coccidivora* e *Hyperaspis trifurcata* fue más elevada respecto a las otras localidades. Se desconocen los motivos por los cuales en esta localidad ambos depredadores fueron más frecuentes.

Bajo las condiciones de este estudio, los muestreos fueron dirigidos para recolectar sólo colonias de cochinilla presentes. Esta metodología permitió apreciar la presencia y sobrevivencia de la cochinilla durante periodos de baja y alta precipitación e incluso después de aplicaciones de insecticidas en el cultivo de nopal verdura. Los enemigos naturales sólo se obtuvieron cuando existían poblaciones de su presa, por lo que su población podría subestimarse. Se requiere una metodología que incluya la captura de adultos para conocer la dinámica poblacional de estos depredadores y su relación con las poblaciones de *D. opuntiae*.

Las localidades utilizadas en este estudio reflejaron en parte la heterogeneidad en el manejo del cultivo lo cual habla de un sistema complejo donde los factores climáticos y la participación humana participan en la dinámica poblacional de *D. opuntiae* y sus enemigos naturales.

El historial químico no permitió discernir con exactitud el papel de los enemigos naturales y los factores abióticos en las poblaciones de *D. opuntiae*. Sin embargo, con base en la dinámica poblacional de la cochinilla y sus enemigos naturales, se concluye que la temperatura y precipitación, así como la heterogeneidad en el manejo de los cultivos, pudieran ser factores relevantes en la abundancia y frecuencia de los depredadores. *Leucopis bellula* y *Sympherobius barberi* presentaron denso-dependencia y características biológicas inherentes a su comportamiento, las cuales podrían considerarse en futuros trabajos para conocer su potencial como agentes de control biológico de esta y otras plagas.

CAPITULO IV. LITERATURA CITADA

- Agnew, C. W., W. L. Sterling. and D. A. Dean 1981. Notes on the Chrysopidae and Hemerobiidae of eastern Texas with keys for their identification. *Southwestern Entomologist* 4: 1-20.
- Aldama-Aguilera, C., C. Llanderal-Cázares, M. Soto-Hernández y L. E. Castillo-Márquez. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia* 39:161-171.
- Altieri, M. A. and W. H. Whitcomb. 1979. Predaceous arthropods associated with Mexican tea in North Florida 62: 175-182.
- Anaya-Pérez, M. A. 2001. History of the use of forage in Mexico. *In*: Mondragón-Jacobo C. and S. Pérez-González (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO. Plant Production and Protection paper No. 169. 5-12 pp.
- Anónimo. 1967. Public Health. *Canadian Medical Association Journal* 96:1240
- Anónimo. 1981. El nopal. Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publicación especial No. 34. 85p.
- Anónimo. 1983. Conservation of Agricultural Resources Act. N0. 43. Minister of Agriculture. Forestry South Africa. 1-55p. versión internet última revisión 15 Junio de 2009. <http://www.forestry.co.za/uploads/File/legislation/environmental/Conservation%20of%20Agricultural%20Resources%20Act.pdf>
- Arredondo, H.C. y L. A. Rodriguez (Eds.). 2008. Casos de Control Biológico en México. Grupo Multi-Presa, México. 423 p.
- Asciuto, A., T. Cirivello and M. Crecimanno. 1997. Production and market aspects of cactus pear industry in Italy. *In*: Inglese P. and M.O. Brutsch (Eds.). Proceedings of

- the III International Congress of the Cactus pear and Cochenille. *Acta Horticulturae* 438: 159- 170.
- Ayadi, M. A., W. Abdelmaksoud, M. Ennouri and H. Attia. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products* 30: 40–47.
- Badii, M. H. and A. E. Flores. 2001. Prickly pear cacti pest and their control in Mexico. *Florida Entomologist* 84: 503-505.
- Barrass, I. C. 1993. Integrated control of the longtailed mealybug, *Pseudococcus longispinus* (Targioni-Tozzetti) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Australian pear orchards. *Acta Horticulturae* 347:303-306.
- Barthlott, W. and D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. In: Kubitski, K., J. G., Rohwer, V., Bittrich. (Eds.). The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. 2. Springer, Berlin. 161–197 pp.
- Ben-Dov, Y. and S. Marotta. 2001. Taxonomy and family placement of *Coccus bassi* Targioni Tozzetti, 1867 (Hemiptera: Coccoidea). *Phytoparasitica* 29: 169-170.
- Ben Salem, H., A. Nefzaoui and L. Ben Salem. 2002a. Nitrogen supplementation improves the nutritive value of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* based diets and sheep growth. *Acta Horticulturae* 581: 317–321.
- Ben Salem, H., A. Nefzaoui and L. Ben Salem, 2002b. *Opuntia ficus indica* f. *inermis* and *Atriplex nummularia* L. Two complementary fodder shrubs for sheep and goats. *Acta Horticulturae* 581:333–341.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. 1, Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 743pp.

- Bravo, H. y L. Scheinvar. 1999. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. México. 233p.
- Brewer, M. J., T. Noma and N. C. Elliott. 2005. Hymenopteran parasitoids and dipteran predators of the invasive aphid *Diuraphis noxia* after enemy introductions: Temporal variation and implication for future aphid invasions *Biological Control* 33: 315–323.
- Britton N. L. and J. N. Rose. 1963. The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Dover Publications, New York, USA. Vol I y II 236p.
- Brutsch, M. O. and H. G. Zimmermann. 1993. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica* [Cactaceae]) in South Africa: Utilization of the naturalized weed, and of the cultivated plants. *Economic Botany* 47: 154-162.
- Brutsch, M. O. and H. G. Zimmermann. 1995. Control and utilization of wild opuntias. *In*: Barbera G., P. Inglese and E. Pimienta-Barrios (Eds.). FAO. Plant Production and Protection Paper 132. 155-166 pp.
- Burger, J.C. and S. M. Louda, 1994. Indirect versus direct effects of grasses on growth of a cactus (*Opuntia fragilis*): Insect herbivory versus competition. *Oecologia* 99: 79–87.
- Calvo C. and A. Salvador, 2002. Comparative study of the colorants monascus and cochineal used in the preparation of gels made with various gelling agents. *Food Hydrocolloids* 16: 523-526.
- Capinera, J. L. 2005. Relationships between Insect Pests and Weeds: An Evolutionary Perspective. *Weed Science* 53: 892-901.
- Chávez-Moreno C. K., A. Tecante and A. Casas. 2009. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodiversity and Conservation* 18: 3337-3355.

- Chessa, I., G. Nieddu, L. De Pau and D. Satta. 2002. Changes in the morphology and structure of *Opuntia ficus-indica* (Mill.) Cladodes surface. In: Nefzaoui A. and P. Inglese (Eds.) Proceedings of the IV Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 581: 185-189.
- CICOPLAFEST. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas. 2009. <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/cicoplafest/>
- Clausen, C. P. 1972. Entomophagous insects. Hafner Publishing company. New York, USA. 688 p.
- Cockerell, T. D. A. 1896. Notes and descriptions of the new coccidae collected in Mexico by Prof. C.H. T. Townsend. *United States Department of Agriculture, Division Entomology Technical Series* 4: 31-41.
- Cole. F. R. 1969. *The flies of western North America*. University of California Press. U.S.A. 693p.
- Colegio de Postgraduados (COLPOS). 2005. Diagnóstico Fitosanitario del Nopal Verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) en Tlalnepantla, Morelos. Documento de Trabajo “Primera Reunión del Grupo Interdisciplinario de Investigación del Nopal”. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 85 p.
- Corrales, J., y C. Flores-Valdez. 2003. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y tuna. In: Corrales G., J., y C. Flores-Valdez (Eds.). Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización. Universidad Autónoma Chapingo y CUESTAAM-Programa Nopal. 171-225 pp.
- Cortés, D., A. L. Vigueras y L. Portillo. 2005. Relación del aparato reproductor femenino de *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) en la síntesis del ácido carmínico. *Scientia*: 7: 113-130.

- Cruz, C. and A., Segarra. 1992. Potential for biological control of crop pests in the caribbean. *Florida Entomologist* 75: 400-408.
- Curran, C. H. 1932. The american Syrphidae with notes. *American Museum Novitates* 519: 1-9.
- Davis, L. J. 1986. Responses of pickly pear cactus to prescribed burning and cactus-feeding insects. Dissertation Ph.D. Thesis. Texas Tech University. 69 p.
- de Kock, G. C. 2001. The use of *Opuntia* as a fodder source in arid areas of Southern Africa. In: Mondragón-Jacobo, C. and S., Pérez-González (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO. Plant Production and Protection paper No. 169. 101-105.
- De Lotto, G. 1974. On the status of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of South Africa* 37: 167-193.
- de Vasconcelos, A. G., M. de A. Lira, V. L. Cavalcanti, M. V. dos Santos, and L., Willadino. 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). *Revista brasileira de Zootecnia* 38: 827-831.
- Del-Valle, V., P. Hernández-Muñoz, A. Guarda y M. J. Galotto. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry* 91: 751-756.
- Delgadillo V, I., M. A. González, R. Rivera. 2008. Manejo fitosanitario del nopal verdura en Milpa Alta, Distrito Federal. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). 63p.
- Delgado-Vargas, F. and O. Paredes-López. 2003. Natural colorants for food and nutraceutical uses. CRC Press. USA. 327 p.
- Desneux, N., A. Decourtye and J. M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52: 81-106.

- Diodato, L., M. Iturre, y M. E. Paz. 2004. Especies de *Dactylopius* en Argentina y factores que inciden en su producción. *Quebracho* 11: 67-72.
- Eisner, T., S. Nowicki, M. Goetz, and J. Meinwald. 1980. Red cochineal dye (Carminic acid): Its role in nature. *Science* 208: 1039-1042.
- Esparza, G., A. L. Viguera y L. Portillo. 2008. *Salpingogaster cochinelivora* Guérin-Méneville (Syrphidae) entomófago de Dactylopidae y su confusión con los géneros *Baccha* sp. y *Allograpta* sp. In: Llanderal C., D. H., Zetina, A.L., Viguera y L., Portillo. (eds.). Grana Cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Postgraduados. México. 46-49 pp.
- Espinoza, G. E. 2001. Enemigos naturales de la cochinilla (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) del nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) en el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 72p.
- Ferris, G. F. 1955. Atlas of the scale insects of North America. Vol. VII. Stanford University Press. Stanford, California. U.S.A. 233 p.
- Flores-Hernández, A., B. Murillo-Amador, E. O. Rueda-Puente, J. C. Salazar-Torres, J. L. García-Hernández y E. Troyo-Diéguéz. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 97-102.
- Flores-Valdéz. C. A. 1995. “Nopalitos” production, processing and marketing. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. In: Barbera G., P. Inglese and E. Pimienta-barrios (Eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 132. 92-99 pp.
- Flores-Valdez, C.A. 2003. Producción y comercialización de nopalitos. In: Corrales G., J. y C.V., Flores-Valdez. Nopalitos y Tunas: producción, comercialización, postcosecha

- e industrialización. Universidad Autónoma Chapingo y CISTAAM-Programa Nopal. 19-38 pp.
- Flores-Valdéz, C. A. 2004. Los nopales y la lucha contra la desertificación. *In*: Esparza-Frausto, G., R. D., Valdéz-Cepeda, y S. J., Méndez-Gallegos (eds.). El nopal: tópicos de actualidad. Universidad Autónoma Chapingo/ Colegio de Postgraduados. México. 167-182 pp.
- Flores-Valdez., C. A. y V. C. Gallegos. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la región Centro-Norte de México. CIESTAAM-CRUCEN, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 44p.
- Flores-Valdez. C.A. y V.C. Gallegos. 1995. La producción de tuna en México. *In*: Pimienta B., E., C., Neri L., A., Muñoz y F. N., Huerta M. (Comp.). Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 274-278 pp.
- Flores-Valdez, C.A. y J. Olvera. 1995. La producción de nopal verdura en México. *In*: Pimienta B., E., C., Neri L., A., Muñoz. y F. N., Huerta. (Comp.) Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 282-289 pp.
- Foxcroft, L. C. and J. H. Hoffmann. 2000. Dispersal of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of *Opuntia stricta* (Haworth.) (Cactaceae) in the Kruger National Park. *Koedoe* 43: 1-5.

- Fréchette, B., F. Larouche and E. Lucas. 2008. *Leucopis annulipes* larvae (Diptera: Chamaemyiidae) use a furtive predation strategy within aphid colonies. *European Journal of Entomology* 105: 399-403.
- Forbes, W. M. T. 1923. The Lepidoptera of New York and neighboring states. Cornell University Agricultural Experimental Station, Memoirs No. 68. 729 pp.
- Fullaway, D. T. 1954. Biological control of cactus in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 47: 696-700.
- Gaimari, S. D. and W. J. Turner. 1997. Behavioral observations on the adults and larvae of *Leucopis ninae* and *L. gaimarii* (Diptera: Chamaemyiidae), predators of russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 70: 153-159.
- Galati, E. M., M. M. Tripodo, A. Trovato, N. Miceli and M. T. Monforte. 2002. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill (Cactaceae) waste matter. Note I: diuretic activity. *Journal of Ethnopharmacology* 79: 17-21.
- Gaona-García, G., S. Myartseva y E. Ruiz-Cancino. 2001. Enemigos naturales de la escama de la palma *Comstockiella sabalis* (Homoptera: Diaspididae) en Tamaulipas, México. In: Memorias del XXIV Congreso Nacional de Control Biológico. Chihuahua, México. 121-122 pp.
- Gilreath, M. E. and J. W. Smith, Jr. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae): Exclusion and subsequent Impact on *Opuntia* (Cactaceae). *Environmental Entomology* 17: 730-738.
- Goeden, R. D., C. A. Fleschner and D. W. Ricker. 1967. Biological control of prickly pear cacti on Santa Cruz Island, California. *Hilgardia* 38: 579-606.

- González, A. 2000. Taxonomía de insectos entomófagos. *In*: Badii, M.H., A. E., Flores y L. J., Galán (eds.). Fundamentos y perspectivas de control biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. 33-41pp.
- González-Carrillo, J. A., M. A. Urías-López y N.C. García-Álvarez. 2008. Fluctuación poblacional de insectos depredadores de la escama blanca (Hemiptera: Dispidae) del mango en Nayarit. *In*: Lozano, G. J., M.P., España, L. E., González G. y J. E., Ibarra R. Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control biológico. Zacatecas, México.
- González, E., G. Sánchez y E. Quezada. 2008. Determinación, monitoreo y control de la cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Green). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Libro Técnico No. 5. 132 p.
- González, L. 1978. Origen de la domesticación de los vegetales en México. *In*: Lorenzo, J. (ed.). Historia de México. Medio Ambiente y Primeras Etapas. Salvat, México. 77-92 pp.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of América North of México. *Journal of the New York Entomological Society* 93: 1-912.
- Granata, G. y A. Sidoti. 2002. Survey of Diseases Discovered on *Opuntia ficus-indica* in Producer Country. *In*: Nefzaoui, A. and P., Inglese (eds.) Proceedings of the IV Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 581:231-237.
- Greathead, D.J. 1971. A Review of biological control in the Ethiopian region. Technical Communications of the Commonwealth Institute of Biological Control No. 5. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farham Royal, Inglaterra.

- Greathead, D.J. 1997. Crawler behaviour and dispersal. *In*: Ben-Dov Y. and C. J., Hodgson (Eds). Soft scale insects: Their biology, natural enemies and control. Elsevier Science. 339-342 pp.
- Griffith, M. P. 2004. The origin of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *American Journal of Botany* 91: 1915-1921.
- Guérin-Méneville, F.E. 1848. Note sur deux Insectes parasites de la cochenille et qui font un grand tort à cette culture en Amérique. *Revue Zoologique* 11: 349-350.
- Guerrero-Hernández I. and A. L. Viguera. 2007. Use of *Laetilia coccidivora* comstock to control of *dactylopius* spp. under laboratory conditions. VI congresso Internacional de Palma e Cochonilha and VI Encontro Geral da CACTUSNET. João Pessoa-Paraíba, Brasil. Documento en disco compacto.
- Guevara, J. C., E. Martínez, M.C. Juárez y A. B. Berra. 1997. Reclamación de áreas degradadas del Piedemonte de Mendoza, Argentina, mediante la plantación de *Opuntia ficus indica* F. *inermis*. *Multequina* 6: 1-8.
- Gullan, P. J. and M. Kosztarab. 1997. Adaptations in scale insects. *Annual Review of Entomology* 42:23-50.
- Haeussler, G. J. and D. W. Clancy. 1944. Natural Enemies of Comstock mealybug in the Eastern States. *Journal of Economic Entomology* 37: 503-509.
- Haile, M., T. Belay and H.G. Zimmerman. 2002. Current and potential use of cactus in Tigray, Northern Ethiopia. *In*: Nefzaoui, A. and P., Inglese (Eds.). Proceedings of the IV International Congress of Cactus pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 581: 75-86.

- Hamon, A. B. and M. L. Kosztarab. 1979. Morphology and systematic of the first instar of the genus *Cerococcus* (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae). *Virginia Polytechnical Institute and State University Research Division Bulletin* 146: 1-122
- Hansen, J. D. and J. E. Sutton. 1985. Insect activity on a burned site after a range fire. *In: Abstracts of the XXXVIII Annual Meeting of Society Rangeland Management* 11-14 February, Salt Lake City, UT.
- Hart, W. G. and S. Ingle. 1971. Increases in fecundity of brown soft scale exposed to Methyl Parathion. *Journal of Economic Entomology* 64: 204-208
- Heinrich, C. 1956. American moths of the subfamily Phycitinae. *United States National Museum Bulletin*: 207. 1-181pp.
- Hernández, G., L. 1993. Plagas y enfermedades del nopal en México. Centro de Investigaciones Económicas y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma de Chapingo. Reporte de Investigación No. 11. 52p.
- Hichaud, J.P. and B. Belliure. 2000. Consequences of foundress aggregation in the brown citrus aphid *Toxoptera citricida*. *Ecological Entomology* 25:307-314.
- Hodek I. and A. Honěk. 2009. Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. *Biological Control* doi:10.1016/j.biocontrol.2009.05.018
- Hoffmann, W. 1995. Ethnobotany. *In: Barbera G., P., Inglese and E., Pimienta-Barrios (Eds). FAO Plant Production and Protection Paper* 132. 12-19 pp.
- Hosking, J. R. 1984. The effect of temperature on the population growth potential of *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera:Dactylopiidae), on *Opuntia aurantica* Lindley. *Journal of Australian Entomological Society* 23:133-139.

- Hosking, J. R., P. R. Sullivan and S. M. Welsby. 1994. Biological control of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. var. *stricta* using *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) in an area of New South Wales, Australia, where *Cactoblastis cactorum* (Berg.) is not a successful biological control agent. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 48: 241-255.
- Howell, J. and L. Williams. 1976. An annotated key o the families of scale insects (Homoptera: Coccoidea) of America, North of México, based on characteristics of the adult female. *Annals of the Entomological Society of America* 69: 181-185.
- Jarquín, I. A. 2007. Diagnóstico fitosanitario del cultivo de nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. en la Delegación de Milpa Alta, México, D.F. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 79 p.
- Julien, M. H., and M.W. Griffiths. 1998. Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds. CABI publishing, Four edition.
- Kiesling, R. 1999. Domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *Journal of Professional Associoation for Cactus Development* 3:50-59.
- Kimball, C. P. 1965. The Lepidoptera of Florida: An annotated checklist. Florida Department of Agriculture, Gainesville. 363 pp.
- Kosztarab, M. 1990. Economic importance, *In* D., Rosen (ed.). Armored Scale Insects, Their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests, Vol. 4. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. 307-311 pp.
- Kuti, J. O. 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chemistry* 85: 527–533.
- LACM Index ca. 1968. Index of North American Lepidoptera with bibliography and abstracted life history data. MS card file (ca. 6000 cards) compiled by J. A. Comstock & C.

- Henne. In Entomology Section, Los Angeles County Museum of Natural History. Non-Macrolepidoptera (McDunnough species numbers higher than 5230—i.e., the species not included by Tietz) copied by GSR 1995; copy in BMNH, London.
- Lagunes-Tejeda, A., J. C. Rodríguez-Maciel y J.C. De Loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia* 43: 173-196.
- 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.
- Le Houérou, H. N. 2002. Cacti (*Opuntia* spp.) as a fodder crop for marginal in the Mediterranean Basin. In: Proceedings of the IV Congress on Cactus Pear and Cochineal. Nefzaoui A. and P. Inglese (Eds.) *Acta Horticulturae* 581:21-46.
- Lee, J. H., N.C., Elliott, S. D., Kindler, B. W., French, C. B., Walker and R. D., Eikenbary. Natural enemy impact on the Russian wheat aphid in Southeastern Colorado. *Environmental Entomologist* 34: 115-123.
- Lindberg, H., H. Stapelfeldt, G. Bertelsen and L. H. Skibsted. 1993. Cochineal as colorant in processed pork meat. Colour matching and oxidative stability. *Food Chemistry* 46: 265-271.
- Liu, J., K. M. Wu, K. R. Hopper, and K. J. Zhao. 2004. Population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in soybean in northern China. *Annals of the Entomological Society of America* 97: 235-239.
- Llanderal, C. y R. Nieto. 2001. Características biológicas de la grana cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa). In: Llanderal, C. y R. Nieto H. (Eds.). Producción de Grana Cochinilla. Colegio de Postgraduados, México. p: 23-30.

- Lomeli-Flores J. R., E. Rodríguez-Leyva, G. Otero-Colina, G. Mora-Aguilera y F. Esquivel-Chávez. 2008. Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos. *In*: Estrada V., E.G., A. Equihua, J.R. Padilla. y A. Mendoza. (Eds.). Entomología Mexicana Vol. 7. 21-28 pp.
- MacGregor L. R. y R. Sanpedro. 1984. Anales del Instituto de Biología de la Universidad nacional Autónoma de México. Serie Zoología (1): 217-223.
- MacGregor, R. y O. Gutiérrez. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Alhambra Mexicana. 166 p.
- Mann, J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. Smithsonian Institution. *United States Natural Museum Bulletin* 256. 1-158.
- Matallo, H. Jr., F. Casas-Castañeda y E. Migongo-Bake. 2002. Use of live fences of nopal (*Opuntia*) and associated crops to rehabilitate and protect sloping land in Loja, Ecuador. *Mountain Research and Development* 22: 22-25.
- McAlpine, J. F. 1987. Chamaemyiidae. *In*: McAlpine *et al.* (ed). Manual of nearctic Diptera. Vol. 2. Research Branch Agriculture Canada, Monograph 28. Canada. 965-971 pp.
- Mena-Covarrubias, J. 2004. Manejo integrado de la plaga del nopal: Una propuesta para tomar mejores decisiones de control. *In*: Esparza-Frausto, G., R. D., Valdéz-Cepeda, y S. J., Méndez-Gallegos (Eds.). El nopal: tópicos de actualidad. Universidad Autónoma Chapingo/ Colegio de Postgraduados. México. 125-140 pp.
- Méndez, G. S., J. Vera, H. Bravo y J. López. 1995. Efecto de la temperatura sobre algunos parámetros de crecimiento poblacional de hembras de *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae). *In*: Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal.

- Pimienta, E., C. Neri, A. Muñoz. y F. Huerta. (Comp.) Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 42-47 pp.
- Meyerdirk, D. E., J. V. French, W. G. Hart, and L. D. Chandler. 1979. Citrus mealybug: effect of pesticide residues on adults of the natural enemy complex. *Journal of Economic Entomology* 72: 893-895.
- Meyrick, E. 1938. Manuscript ledger of Microlepidoptera host plant records from reared material received by Meyrick for identification from possibly as early as 1880 to about 1938; literature records abstracted by Meyrick (but without attribution) are also obviously included; original in BMNH Microlepidoptera Section Library.
- Miller, D. R. 2005. Selected scale insect groups (Hemiptera: coccoidea) in the southern region of the United States. *Florida Entomologist* 88:482-501.
- Miliczky, E. R and D. R. Horton. 2005. Densities of beneficial arthropods within pear and apple orchards affected by distance from adjacent native habitat and association of natural enemies with extra-orchard host plants. *Biological Control* 33: 249–259.
- Monjauze, A. y H. N. Le Houérou, 1965. Le role des opuntia dans l'économie agricole nord-africaine. *Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure d'agronomie de Tunis* 8-9:85-164.
- Montiel, L., J. Valdez y C. Llanderal-Cázares. 1998. Morfología externa de *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae). *In: Memorias del I Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales*. Oaxaca, México.
- Mora-Aguilera, G., P. Rivas-Valencia, C. Góngora-Cantú, A. Tovar-Soto, J. Cristóbal-Alejo, E. Loeza-kuk, S. Michereff, A. Marinelli y K. Osada-Velázquez. 2000. Sistemas Computarizados en la epidemiología: I. 2-LOG ver 1.0 y su aplicación en el diseño de escalas diagramáticos logarítmicas. *In: Memorias del XXIX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola*. Puerto Vallarta, México. 1-20 pp.

- Moran, V. C. 1980. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. *Ecological Entomology* 5:153-164.
- Moran, V. C., B. H. Gunn and G. H. Walter. 1982. Wind dispersal and settling of first-instar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Ecological Entomology* 7:409-419.
- Moran, V. C. y H. Hoffmann. 1987. The effects of simulated and natural rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony distribution and survival on cactus cladodes. *Ecological Entomology* 12:61-68.
- Moran, V. C., J. H. Hoffmann and N.C. Basson. 1987. The effects of simulated rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony composition and survival on cactus cladodes. *Ecological Entomology* 12:51-60.
- Morrison, J. F. 1984. Protection from beetle-predation in cochineal insects (Dactylopiidae: Homoptera). Unpublished M.Sc. Thesis, Rhodes University, Grahamstown.
- Muñiz, R. 1976. Algunas plagas de las cactáceas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 21: 71-73.
- Nefzaoui, A. and H. Ben Salem. 2002. Cacti: Efficient tool for rangeland rehabilitation, drought mitigation and combat desertification. *In*: Nefzaoui A. and P. Inglese (Eds.). Proceedings of the IV International Congress of Cactus Pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 581: 295-315.
- Nefzaoui, A., M. Nazareno and M. El Mourid. 2008. Review of medical uses of cactus. *Cactusnet* 11:3-17.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental Biology of Agaves and Cacti. Cambridge University Press. New York. 270p.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Editorial Trillas. México. 211 p.

- Nobel, P. S. (Ed.). 2002. *Cacti: biology and uses*. University of California, Berkeley, California, USA.
- Nobel, P. S and E. De la Barrera. 2003. Tolerances and acclimation to low and high temperatures for cladodes, fruits and roots of a widely cultivated cactus *Opuntia ficus-indica*. *New Phytologist* 157: 271-279.
- Norris, R. F. and M. Kogan. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science*, 48:94–158.
- Orduño-Cruz, N., A. W. Guzmán-Franco, Jorge M. Valdez-Carrasco, J. López-Collado, y E. Rodríguez-Leyva. 2008. Efecto de la temperatura en el desarrollo in vitro de aislamientos de hongos entomopatógenos y su virulencia sobre poblaciones del picudo del nopal *Metamasius spinolae* provenientes del estado de Morelos. *In*: Lozano G., J., M.P. España, E. González y J.E. Ibarra (Eds.). *Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico*. Zacatecas, Zacatecas, México. 14-17pp.
- Pacheco-Rueda, I., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva y G. Mora-Aguilera. 2009. Ciclo biológico de *Sympherobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) enemigo natural de la cochinilla del nopal (Hemiptera: Dactylopiidae). XXXII Congreso Nacional de Control Biológico. Villahermosa, Tabasco, México. 133-136.
- Palacios-Mendoza, C., R. Nieto-Hernández, C. Llanderal-Cázares y H. González-Hernández. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20: 99-106.
- Palevitch, D., G. Earon, I. Levin. 1994. Treatment of benign prostatic hypertrophy with *Opuntia ficus-indica* (L.). *The journal of Alternative and Complementary Medicine* 21, 2–8.

- Palomares-Pérez M., E. Rodríguez-Leyva, H. Brailowky and S. Ramírez-Alarcón. 2010. First Record of *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) on *Opuntia ficus-indica* L. (Miller) in Milpa Alta, Mexico City. *Neotropical Entomology*. Accepted for publication.
- Pappas, M.L., G. D. Broufas and D. S. Koveos. 2008. Effect of relative humidity on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control* 46: 234-241.
- Pérez-Guerra, G. and M. Kosztarab. 1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Studies on the Morphology and Systematics of Scale Insects No. 16. Virginia. 90 p.
- Pettey, F. W. 1947. The biological control of prickly pears in South Africa. Scientific Bulletin of. Department of Agriculture. and Forestal. Union of South. Africa. No. 271. 163 p.
- Pettey, F. W. 1950. The cochineal (*Dactylopius opuntiae*) and the problem of its control in spinless cactus plantations. Part I. Its history, distribution, biology and what it has accomplished in the control of prickly pear in South Africa. Bulletin of Department of. Agriculture. and Forestal. Union of South. Africa. No. 296. 1-12 pp.
- Pimienta, E. 1990. *El nopal tunero*. Universidad de Guadalajara. 246 p.
- Piña, L. I. 1977. La Grana o Cochinilla del Nopal. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI), México, Monografía 1. 54 pp.
- Pluke, W. H., A. Escribano, J. P. Michaud and P. A. Stansly. 2005. Potential Impact of Lady Beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist* 88: 123-128.

- Portillo, M. L. 1995. Los hospederos de las cochinillas del carmín (*Dactylopius* spp.) y algunas consideraciones sobre su aprovechamiento. *In*: Pimienta, E., C., Neri L, A., Muñoz U. y F., Huerta M. (comp.) Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 62-65 pp.
- Portillo, L. 2005. Origen de *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae): ¿Norte o Sudamérica?. *Dugesiana* 12(1): 1-8.
- Portillo, L. 2008. *Dactylopius opuntiae*: una especie en peligro de extinción. *In*: Llanderal, C., D.H. Zetina, A.L. Viguera y L. Portillo. (Eds.). Grana cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Postgraduados. México. 69-73 pp.
- Portillo, L. 2009. Biogeography of Dactylopiidae and Human Factor. *In*: F.A.P. Campos *et al.* (Eds.). Proceedings of the VI International Congress on Cactus and Cochineal. *Acta Horticulturae* 811: 235-240.
- Portillo, L. y A. L. Viguera G. 1998. Natural enemies of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa): importance in México. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 3: 43-49.
- Portillo, M. L., y A. L. Viguera. 2006. A review on the cochineal species in México, host and natural enemies. *In*: Proceedings of the V International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 728: 249-255.
- Quayle, H. J. 1916. Dispersion of scale insects by the wind. *Journal of Economic Entomology* 9: 486-493.
- Reyes-Agüero, J. A., J. R. Aguirre R. and A. Valiente-Banuet. 2006. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments* 64: 549–585.

- Rodríguez-Fragoso, L., J. Reyes-Esparza, S. W. Burchiel, D. Herrera-Ruiz and E. Torres. 2008. Risks and benefits of commonly used herbal medicines in Mexico. *Toxicology and Applied Pharmacology* 227: 125–135.
- Rodríguez-Leyva, E., J. R., Lomelí-Flores, y J. M., Vanegas-Rico. 2010. Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae). In: L. Portillo y A. L. Viguera (Coord.). Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla. Publicación FAO, CACTUS-NET. Aceptado para publicación. pp. 1-12.
- Rodríguez, L.C., E. H. Faúndez y H. M. Niemeyer. 2005. Mate searching in the scale insects, *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *European Journal of Entomology* 102:305-306.
- Romero, B. E., A. Flores, E. Santamarina, J. C. Salazar, M. Ramírez y A. Pedroza. 2006. Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homótera: Dactylopiidae) a las condiciones ambientales de Bermejillo, Durango. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas* 5: 41-48
- Sepúlveda, E., C. Y. Sáenz y M. Moreno. 1995. Obtención y caracterización de harina de nopal. In: Pimienta, E., C. Neri, A. Muñoz y F. N. Huerta (Comp.). Memorias del VI Congreso Nacional, IV Internacional Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 28–31.
- Sáenz, C., E. Sepúlveda and B. Matsushiro. 2004. Opuntia spp. mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments* 57: 275-290.
- Saleem, M, H. J. Kim, C. K. Han, C. Jin and Y. S. Lee. 2006. Secondary metabolites from *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Phytochemistry* 67:1390-1394.

- Salgado, M., C. y A. Salgado. 1984. El cultivo del nopal, una alternativa económica en suelos áridos y semiáridos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Folleto 46p.
- Sánchez, B. M. 2002. Insectos plaga del nopal verdura en Milpa Alta, D. F. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 53 pp.
- Schneider, F. 1969. Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. *Annual Review of Entomology*: 14, 103-124.
- SENASICA. 2006. Control biológico de la escama de nieve *Unaspis citri* (Comstock). Ficha Técnica CB-25. 1-2 pp. versión de internet 148.243.71.63/includes/asp/download.asp?iddocumento=784&idurl=1393
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 2009. Comisión Nacional del Agua. <http://smn.cna.gob.mx/productos/map-lluv/hmproduc.html>
- Shane-McWhorter, L. 2005. Botanical Dietary Supplements and the Treatment of Diabetes: What Is the Evidence?. *Current Diabetes Reports* 5:391–398.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2008. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1>
- Sickerman, S. L. 1982. Response of cactus insects to burned and unburned pricklypear, *Opuntia polyacantha* Haworth. M. S. thesis, Tx. Tech Univ., Lubbock, Tx., 44 p.
- Sickerman, S. L. and J. K. Wangberg. 1983. Behavioral responses of the cactus bug, *Chelinidea vittiger* Uhler, to fire damaged host plants. *Southwestern Entomologist* 8:263-267.
- Simanton, F. L. 1916. The terrapin scale, an important insect enemy of peach orchards. United States Department of Agriculture Bulletin. 351. 99 p.

- Simmons, A. M., J. C. Legaspi and B. C. Legaspi. 2008. Responses of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae), to relative humidity: Oviposition, hatch, and immature survival. *Annals of the Entomological Society of America* 101: 378-383.
- Singh, S. P. 2004. *Some success stories in classical biological control of agricultural pest in India*. Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions (APAARI). Bangkok, Tailiandia.7-9 pp.
- Sluss, T. P. and B. A. Foote. 1971. Biology and inmature stages of *Leucopis verticalis* (Diptera: Chamaemyiidae). *The Canadian Entomologist* 103:1427-1434.
- Solís, M. A. 2008. Pyraloidea and Their Known Hosts (Insecta: Lepidoptera) of Plummers Island, Maryland. *Bulletin of the Biological Society of Washington* 15:88-106.
- Sullivan, P. R. 1990. Population growth potential of *Dactylopius ceylonicus* Green (Hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia vulgaris* Miller. *Journal of Australian Entomological Society* 29:123-129.
- Szentkirályi, F. 2001. Ecology and habitat relationships. *In: McEwen, P. K., T. R. New, and A. E. Whittington. In: Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press. 82-115pp.
- Tauber, M. J., C. A. Tauber. 1983. Life history traits of *Chrysopa carnea* and *Chrysopa rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae): influence of humidity. *Annals of the Entomological Society of America* 76: 282–285.
- Tekelenburg, I. A. 1995. La producción de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en ambientes semi-controlados: El objetivo ecológico-productivo, limitaciones (a) bióticas técnicas y perspectivas. *In: Pimienta, E., C. Neri, A. Muñoz y F. Huerta. (Comp.). Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el*

- conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 48-55 pp.
- Tegegne, F. 2001. Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* as a ruminant feed in Ethiopia. *In: Mondragón-Jacobo C. and S. Pérez-González (Eds.). Cactus (Opuntia spp.) as forage. FAO. Plant Production and Protection paper No. 169. 5-12pp.*
- Tegegne, F., C. Kijora, K. J. Peters. 2007. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Small Ruminant Research* 72: 157–164.
- Ting, I. P. 1985. Crassulean acid metabolism. *Annual Review of Plant Physiology* 36: 395-622.
- Torres-Acosta, A. A. 2007. *Opuntia-Ficus-Indica* (Nopal) mucilage as a steel corrosion inhibitor in alkaline media. *Journal of Applied Electrochemistry*: 37: 835-841.
- Tovar, A., M. Pando-Moreno and C. Garza. 2005. Evaluation of three varieties of *Opuntia ficus-indica* miller as hosts of the cochineal insect *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) in a semiarid area of Northeastern Mexico. *Economic Botany* 59: 3-7.
- Trovato, A., M. R. Mondello, M. T. Monforte, A. Rossitto and E. M. Galati. 2002. Biological activities of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) cladodes. *In: Nefzaoui, A. and P. Inglese. Proceedings of the IV International Congress of Cactus Pear and Cochineal. 291-294.*
- Tulloch, A. P. 1970. The composition of beeswax and other waxes secreted by insects. *Lipids* 5:247-258.

- Van Amburg, G. L., J. A. Swaby and R. H. Pemble. 1981. Response of arthropods to a spring burn of a tallgrass prairie in northwestern Minnesota. *Ohio Biological Survey Biological Notes* 15: 240-243.
- Vanegas-Rico, J. M., J.R. Lomelí, E. Leyva-Rodríguez, G. Mora-Aguilera y J. Carrasco. 2008. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en Tlalnepantla, Morelos. 309-312pp. En: Lozano G., J., M.P. España, E. González y J.E. Ibarra (Eds.). Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Vigueras, A. L., J., Cibrian-Tovar y C. and Pelayo-Ortiz. 2009. Use of botanical extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on Cactus Pear. In: F.A.P. (eds). Proceedings of the VI International Congress on Cactus and Cochineal. *Acta Horticulturae* 811: 229-234.
- Villanueva, E. 2007. Biología y respuesta funcional y numérica del depredador *Chilocorus cacti* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) asociado al cultivo de nopal verdura en Milpa Alta, México, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. 106p.
- Wiese, J., S. McPherson, M. C. Odde, M. G. Shlipak. 2004. Effect of *Opuntia ficus indica* on Symptoms of the Alcohol Hangover. *Archives of Internal Medicine* 164: 1334-1340.
- Williams M.L. 1993. *Toumeyella lignumvitae*, a new species of scale insect from the Florida keys (Homoptera: Coccidae) *Florida Entomologist* 76: 566-572.
- Zimmermann, H. G., H. E. Erb and R. E. McFayden. 1979. Annotated list of some cactus-feeding insects of South America. *Acta Zoologica Lilloana* 33: 101-112.