

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**BIOLOGÍA Y DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA
FUNCIONAL Y NUMÉRICA DE *Hyperaspis trifurcata*
SCHEAFFER (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

**T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCION VEGETAL**

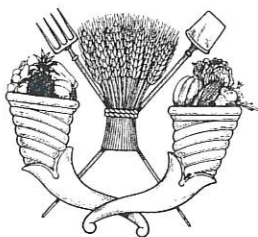
**PRESENTA:
NOÉ SANTANA ORTEGA**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

CHAPINGO, MÉXICO. AGOSTO DE 2004





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**BIOLOGÍA Y DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA
FUNCIONAL Y NUMÉRICA DE *Hyperaspis trifurcata*
SCHEAFFER (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

**T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCION VEGETAL**

**PRESENTA:
NOÉ SANTANA ORTEGA**

CHAPINGO, MÉXICO. AGOSTO DE 2004



BIOLOGÍA Y DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA FUNCIONAL Y
NUMÉRICA DE *Hyperaspis trifurcata* SCHEAFFER (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)

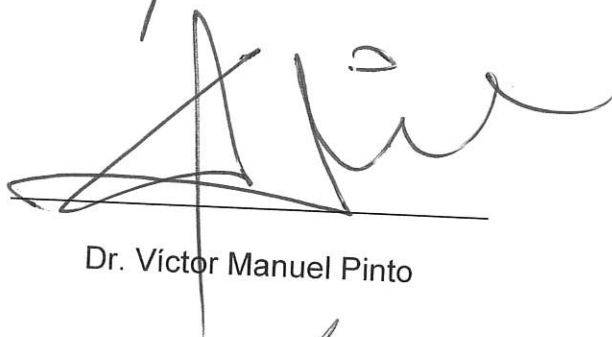
Tesis realizada por Noé Santana Ortega bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener
el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:


Dr. Samuel Ramírez Alarcón

ASESOR:


Dr. Víctor Manuel Pinto

ASESOR:


Dr. Juan Fernando Solís Aguilar

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo para la realización de los estudios de maestría.

Al programa de la Maestría en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de formar parte de este programa.

A mi comité asesor: Dr. Samuel Ramírez, Dr. Víctor Manuel Pinto y Dr. J. Fernando Solís por su amistad, confianza y guía en la elaboración de este trabajo.

A los profesores de este programa por compartir su conocimiento, tiempo y experiencia para mi formación académica.

A mis compañeros de la maestría en especial a aquellos que lograron considerarme como amigo.

A todas las personas que no he nombrado pero que de una o de otra forma contribuyeron en mi formación y elaboración de este trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Noé Santana Ortega nació en el Municipio de Senguio Estado de Michoacán. Realizó los estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma del Estado de México en la Facultad de Ciencias Agrícolas obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Desde 1995 se ha desempeñado como productor de granos y forrajes en el municipio de Senguio, Michoacán.

BIOLOGÍA Y DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA FUNCIONAL Y NUMÉRICA DE *Hyperaspis trifurcata* SCHEAFFER (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

BIOLOGY AND THE DETERMINATION OF THE FUNCTIONAL AND NUMERICAL RESPONSE OF *Hyperaspis trifurcata* SCHEAFFER (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

Noé Santana Ortega¹, Samuel Ramírez Alarcón²

Resumen

El trabajo se realizó en condiciones de laboratorio a una temperatura de 23 ± 2 °C. El ciclo biológico duró alrededor de 13 semanas. En la respuesta funcional, al emplear el modelo lineal de Holling para cada uno de los siete días, se obtuvo para el día cinco $S=0.02$ y $r=0.96$ lo cual indica una mayor correlación entre los datos. A diferentes densidades de la presa el comportamiento del depredador, para este día, es voraz a bajas densidades y llega a un punto de saciedad cuando se le ofrece nueve presas por caja; por lo tanto, al incrementar la densidad conserva la capacidad depredadora. En la respuesta numérica se observó una relación directa entre número de presas ofrecido, depredadas y huevecillos ovipositados, ya que a mayor número de presas ofrecido se incrementan estos factores; presentando un punto de pasividad (10 presas por caja) en el cual depredaron menos presas que en seis y ocho presas ofrecidas y ovipositaron mayor número de huevecillos.

Palabras clave: *Dactilopius opuntiae* Costa, depredador, presa.

Abstract

This research was done under laboratory conditions at a temperature of 23 ± 2 °C. The biological cycle lasted approximately 13 weeks. Using the Holling lineal model during each of the seven days, the functional response at day five was $S=0.02$ and $r=0.96$, which indicates a higher correlation between data. At different prey densities, the behavior of the predator for this fifth day is voracious at low densities and the predator reaches its point of satiety when it is offered nine prey per box. Therefore, upon increasing the prey density, the predator's capacity is maintained. In the numerical response, a direct relationship between the number of prey offered, predators and eggs laid by the predators was noted: when a higher number of prey was offered, these factors increased; a point of passivity (10 prey per box) was present in which fewer prey were devoured than when six and eight prey were offered; and a larger number of eggs were laid by the predators.

Key words: *Dactilopius opuntiae* Costa, predator, prey

¹ Tesista/ Thesis writer

² Director/ Thesis director

TABLA DE CONTENIDO

	LISTA DE CUADROS	ix
	LISTA DE FIGURAS	x
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	Coccinélidos	4
2.1.1	Importancia de los coccinélidos	4
2.1.2	Origen y distribución	5
2.1.3	Descripción morfológica	5
2.1.4	Biología y hábitos	6
2.2	<i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer	7
2.2.1	Distribución geográfica	7
2.2.2	Clasificación taxonómica	7
2.2.3	Descripción morfológica	8
2.3	Cochinilla grana <i>Dactylopius</i> sp.	10
2.3.1	Origen y distribución	10
2.3.2	Clasificación taxonómica	10
2.3.3	Biología y descripción morfológica	11
2.3.4	Hábitos	13
2.3.5	Influencia de la temperatura en el desarrollo	13
2.3.6	Daños	14
2.3.7	Enemigos naturales	14
2.4	El nopal (Opuntia)	15
2.4.1	Origen y distribución del nopal	15
2.4.2	Clasificación taxonómica	15
2.4.3	Importancia del nopal	16
2.4.4	Enemigos naturales del nopal	17

2.5	Control biológico	18
2.5.1	Definición	18
2.5.2	Estudios básicos	18
2.5.3	Interacciones ecológicas	19
2.5.4	Depredadores	20
2.5.5	Importancia del estudio de la depredación	21
2.6	Importancia de la cría de insectos	21
2.6.1	Métodos de manipulación de enemigos naturales	22
2.7	Respuesta funcional	23
2.7.1	Importancia de la respuesta funcional	23
2.7.2	Respuesta funcional	24
2.8	Respuesta numérica	27
3	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1	Área de colecta	30
3.2	Colecta y cría del material	31
3.3	Obtención de los genitales externos de <i>H. trifurcata</i>	32
3.4	Tasa de consumo neto de alimento	34
3.5	Canibalismo entre individuos de <i>H. trifurcata</i>	34
3.6	Biología	35
3.7	Efecto del fotoperíodo en los depredadores	36
3.8	Determinación de la respuesta funcional	36
3.9	Determinación de la respuesta numérica	38
3.10	Calidad del insecto	39
3.11	Conducta de apareamiento y oviposición de <i>H. trifurcata</i>	40
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1	Incremento de material	41
4.2	Obtención de genitales externos de <i>H. trifurcata</i>	41
4.3	Tasa de neta de consumo de alimento	42
4.4	Canibalismo entre individuos de <i>H. trifurcata</i>	42
4.5	Biología	43
4.6	Respuesta funcional y numérica	47

4.7	Respuesta funcional	48
4.7.1	Comportamiento del depredador en los diferentes días	48
4.7.2	Respuesta funcional para el quinto día	49
4.8	Respuesta numérica	52
4.8.1	Obtención de parámetros	53
4.8.2	Relación presas depredadas contra huevecillos ovipositados	54
4.8.3	Relación entre presas ofrecidas, presas depredadas y huevecillos ovipositados	55
4.9	Calidad del insecto	57
4.10	Conducta de apareamiento y oviposición de <i>H. trifurcata</i>	58
4.11	Metodologías para la cría de <i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer .	59
4.11.1	Metodología en jaulas de plástico	59
4.11.2	Metodología en cajas petri	60
4.11.3	Ventaja y desventaja de la cría en cajas petri	61
5	CONCLUSIONES	62
6	LITERATURA CITADA	64

LISTA DE CUADROS

1	Principales entidades federativas productoras de nopal verdura en México	16
2	Insectos plaga del nopal verdura en Villa Milpa Alta, D. F., en los años 2000 y 2001	17
3	Tratamiento para la respuesta funcional	37
4	Tratamiento para la respuesta numérica	39
5	Resultados del modelo	48
6	Valoración de parámetros para la respuesta funcional	50
7	Valoración de parámetros para la respuesta numérica	53

LISTA DE FIGURAS

1	Tipos de respuesta funcional	26
2	Ubicación geográfica	30
3	<i>Hyperaspis trifurcata</i> Schaeffer	42
4	Huevecillos ovipositados en grupo	44
5	Larva adulta	45
6	Pupa de <i>H. trifurcata</i>	45
7	Adulto de <i>H. trifurcata</i>	47
8	Regresión lineal de <i>H. trifurcata</i> sobre <i>D. opuntiae</i>	51
9	Respuesta funcional de <i>H. trifurcata</i> sobre <i>D. opuntiae</i>	51
10	Relación de presas depredadas contra huevecillos ovipositados ..	55
11	Relación de presas ofrecidas, presas depredadas y huevecillos ovipositados	56

1. INTRODUCCIÓN

La familia Coccinellidae pertenece a la Superfamilia Cucujoidea, sus miembros se caracterizan por ser de tamaño pequeño y por tener las antenas del tipo clavada. Los adultos y larvas de la mayoría de las especies de esta familia son carnívoros, se alimentan de pulgones, escamas, ácaros, chinches y de otros insectos pequeños. La especie *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer se encuentra asociada con el cultivo de nopal en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Jalisco y Estado de México (Gordon, 1985). Espinosa (2001) la reportó en el estado de Hidalgo como depredador de *Dactylopius opuntiae* Cockerell. Posteriormente en un estudio taxonómico de insectos plaga del nopal verdura en Villa Milpa Alta, D. F., *D. opuntiae* se reportó como una de las especies que causan mayores daños y a *H. trifurcata* como depredador de ésta (Sánchez, 2002).

México se considera centro de origen de *D. opuntiae* por lo tanto su distribución es muy amplia y en la actualidad se distribuye en: Aguascalientes, Baja California Norte, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (MacGregor y Sampedro, 1984).

El género *Opuntia* se distribuye desde la provincia de Alberta en Canadá, hasta la Patagonia en Argentina, pero es más frecuente en las zonas desérticas del sur de Estados Unidos, México y América del Sur. Se reconocen 350 especies de este género de las cuales 100 las encontramos en México (Bravo, 1978). El nopal es importante no solo como especie para fruta, forraje y verdura sino también como materia prima en la industria farmacéutica, alimenticia y cosmetológica (Barbera *et al.*, 1995).

La respuesta funcional y numérica de un depredador es un factor clave en la dinámica de poblaciones en sistemas depredador-presa, puede determinar si un depredador es capaz de regular la densidad de estas presas (Murdoch y Oaten 1975). Holling (1959) sugirió un modelo de la respuesta funcional que sigue siendo el más popular entre los ecólogos. Asume que un depredador invierte su tiempo en dos clases de actividades: 1) búsqueda de la presa y 2) su manipulación (encuentro, captura, consumo y digestión). Holling (1959) considera tres tipos importantes de respuesta funcional.

La respuesta numérica significa que los depredadores llegan a ser más abundantes mientras que la densidad de la presa aumenta. El modelo más simple de la respuesta numérica del depredador se basa en la asunción que el índice de la reproducción de depredadores es proporcional al número de la presa consumido. Esto es como la conversión de la presa en depredadores nuevos (Holling, 1959). Para *H. trifurcata* no hay antecedentes de estudios de

respuesta funcional y numérica en nuestro país. Por esta razón se plantean los siguientes objetivos:

1. Conocer la biología de *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer.
2. Evaluar la respuesta funcional y numérica de *H. trifurcata*.
3. Plantear una metodología para la cría de *H. trifurcata* en condiciones de laboratorio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Coccinélidos

2.1.1 Importancia de los coccinélidos

Los coleópteros contienen muchas familias con un gran número de especies depredadoras, de todas las especies de insectos identificadas en este hábito, probablemente más de la mitad están en este orden (De Bach, 1959).

Los coccinélidos son de importancia económica debido a su actividad benéfica en el control de plagas en plantas cultivadas. Los adultos y larvas se asocian a menudo juntos con el mismo anfitrión o en la misma planta de alimento (Boot *et al.*, 1990).

El uso de coccinélidos ha tenido éxito en la protección de plantas contra insectos y aún no se han demostrado resultados que indiquen algún impacto negativo sobre otros organismos diferentes de la plaga (Dixon, 2000). Tal es el caso de la especie *Rodolia cardinalis* que fue protagonista del primer experimento exitoso de control biológico en el mundo al controlar a la escama algodonosa de los cítricos en el estado de California, E.E.U.U. (Caltagiore, 1989).

2.1.2 Origen y distribución

La familia Coccinellidae pertenece a la Superfamilia Cucujoidea, coleópteros que se caracterizan por ser de tamaño pequeño y por tener las antenas del tipo clava. En realidad no se sabe con exactitud el origen de la familia Coccinellidae, algunos autores mencionan que provienen del continente africano y de la India, de donde se distribuyeron a diversas partes del mundo (Boot *et al.*, 1990).

2.1.3 Descripción morfológica

Los coccinélidos son insectos fáciles de reconocer, en base a su forma, casi hemisférica, muy convexa en el dorso y casi plana en el vientre. La cabeza está parcial o completamente oculta por el pronoto, éste con el margen anterior recto o casi recto, sin extenderse hacia los lados. Las antenas son cortas, diminutas, con tres a once segmentos y se distinguen por tener el último segmento la forma de un mazo. Palpos maxilares mucho más cortos que las antenas.

Las patas presentan una fórmula tarsal aparentemente de 3-3-3 y realmente es 4-4-4, ya que el tercer segmento está escondido en el segundo, que es bilobado, esponjoso y pubescente; las uñas tarsales son dentadas en su base.

Presentan el primer esternito abdominal visible con líneas coxales curvadas; los élitros no cubren el último segmento abdominal (Gordon, 1985).

2.1.4 Biología y hábitos

Los adultos y larvas de la mayoría de las especies de esta familia son carnívoras, se alimentan de pulgones, escamas, ácaros, chinches y de otros insectos pequeños. El ciclo de vida de éstos es desde dos a ocho semanas, generalmente de cuatro a seis, lo cual depende del género. Las hembras depositan sus huevos, en las hojas o en el lugar donde se encuentre su alimento, por lo regular cerca de éste (Gordon, 1985).

Los huevos son alargados y un poco ovalados en la punta; de color blanco cremoso, amarillo o naranja; son depositados en grupos sobre las superficies expuestas de las plantas.

Las larvas son del tipo carabiforme, en la mayoría de las especies predatoras éstas son pequeñas, entre 2 a 8 mm de longitud; frecuentemente el cuerpo esta lleno de espinas, escolos, verrugas o chalazas; el cuerpo es rugoso de variados colores, dependiendo de su alimento. Las larvas pasan generalmente por cuatro instares siendo el cuarto el más voraz. La pupa es de tipo exarata e hiberna en estado adulto (Gordon, 1985).

2.2 *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer

2.2.1 Distribución geográfica

En México existen aproximadamente ocho especies identificadas por Chapin, 1957 (citado por Carrillo, 2001) las cuales fueron encontradas en diferentes cultivos y hierbas, de los estados del Noreste, Norte y Centro del país.

La especie *H. trifurcata* se encuentra reportada asociada con el cultivo de nopal en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Jalisco y México (Gordon, 1985).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Según Borror (1989) clasifica al género *Hyperaspis* de la siguiente manera:

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Atelocerata

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Superfamilia: Cucujoidea

Familia: Coccinellidae

Género: *Hyperaspis*

Especie: *Hyperaspis trifurcata*

2.2.3 Descripción morfológica

El huevecillo mide aproximadamente de 2 μ m a 1.0 mm de largo y son de color amarillo a naranja, tiene 45 aerópilos ordenados alrededor del polo, son ovipositados en grupo (Mckenzie, 1932; citado por Carrillo, 2001).

La larva mide aproximadamente 2 mm de longitud, es elongada, rugosa y cubierta por setas pequeñas; es de color rojo, cabeza prognata con el contorno circular a oblongo, en lugar de ojos presenta estemas; las piezas bucales se encuentran dirigidas hacia adelante, las mandíbulas son esclerosadas, mola definida, presenta sutura epicraneal que incluye parcialmente la frente y las áreas clipeales; labro movable con setas pequeñas y escasas; antenas con tres artejos, poco visibles. El tórax con los tres segmentos bien definidos, cada uno con un par de patas un poco alargadas y cada pata cuenta con cuatro artejos y una uña, en las áreas tergaes de los tres segmentos existe una armadura definida. El abdomen presenta 10 segmentos, los de la mitad anterior son más anchos y se adelgazan gradualmente hacia el extremo caudal, el décimo segmento es pequeño y puede servir como propata o como disco succionador que funciona como ventosa; presenta espiráculos circulares en los ocho primeros segmentos abdominales situados en el margen laterocefálico de cada tergito, los del tórax se localizan en la porción cefálolateral del mesotórax (Gordon, 1985).

Para llegar al estado adulto, pasa por un estado de reposo llamado pupa; la pupa es del tipo exarata, en este estado de inactividad y transformación ocurren los cambios más notables en el insecto y así mismo en el estado más delicado e indefenso (Gordon, 1985).

El adulto presenta el cuerpo en forma oval, convexa; mide de 2.30 a 3.0 de longitud por 1.80 a 2.40 mm de ancho; la cabeza es glabra, solo presenta pubescencia densa en el clípeo; el pronoto en ambos sexos, es de color negro, con el borde lateral estrecho y de color amarillo rojizo. Los élitros son negros con una variación en el patrón de coloración que va del rojo al amarillo. Las líneas postcoxales no llegan al margen posterior del primer eternito abdominal (Gordon, 1985).

En los genitales del macho se encuentran las características más importantes para la diferenciación de especies de este género, presenta el lóbulo basal asimétrico, delgado, truncado en el ápice y sin setas, tiene una proyección lateral poco redondeada, ésta se encuentra a un tercio apical del lóbulo basal, los parámetros son más largos que el lóbulo basal y tienen setas largas y abundantes en el ápice; este conjunto de características se encuentran en la falobase. La cápsula sifonal es de forma alargada, con una proyección en la parte anterior y en la posterior es ligeramente curvada y la segunda parte de esta estructura llamada sifo, se va ensanchando ligeramente en la parte posterior dando una apariencia de manopla (Gordon, 1985; Carrillo, 2001).

2.3 Cochinilla grana *Dactylopius* sp.

2.3.1 Origen y distribución

México es considerado el centro de origen de la cochinilla pero no se ha determinado el lugar exacto de su desarrollo, aunque existen evidencias que señalan a los pueblos mixtecos como los domesticadores de esta importante fuente de colorante de origen animal (Piña, 1977).

Rosignon (1884) señala que, “el insecto del género *Coccus*, al cual los mexicanos y los guatemaltecos que la propagan dan el nombre de grana, es originaria de México.

Como se mencionó, México se considera centro de origen de las cochinillas, por lo tanto su distribución es muy amplia y en la actualidad se distribuye en: Aguascalientes, Baja California Norte, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (MacGregor y Sampedro, 1984).

2.3.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Pérez y Kostarab (1992), las cochinillas se clasifican de la siguiente manera:

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Atelocerata

Clase: Insecta

Orden: Homoptera

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Dactylopiidae

Género: *Dactylopius*

Especie: *D. opuntiae* Cockerell

2.3.3 Biología y descripción morfológica

La hembra de *D. opuntiae* pasa por tres estadios: huevecillo, ninfa (con dos instares) y adulto, por lo que se considera de metamorfosis incompleta.

El huevecillo es oval mide 0.72 x 0.33 mm, de color rojo brillante, con la superficie lisa y lustrosa. Los huevecillos eclosionan inmediatamente ó 30 minutos después de ser ovipositados.

Las hembras inmaduras muestran un perfil de cuerpo elíptico amplio u ovalado y una extremidad abdominal muy redondeada donde no hay lóbulos anales o setas apicales (Méndez, 1994). La ninfa de primer instar se diferencia del segundo por su tamaño ya que ambos tienen las antenas semejantes al adulto con seis a siete segmentos, un par de ojos ubicados cerca de la base de las

antenas. En el cuerpo se presentan setas tanto modificadas como normales y conforme el insecto se va desarrollando la cantidad de setas aumenta y los poros quinqueloculares se van presentando, la ninfa muda para dar origen a la hembra adulta. El primer instar dura a una temperatura de 23.2 °C de 21 a 25 días y 19.8 el segundo (Romero, 2000).

Las hembras adultas tienen un periodo de preoviposición de 30 a 68 días; la duración del periodo de oviposición es de 10 a 20 días. Las hembras depositan un promedio de 419 huevecillos (Gilreath y Smith, 1988), y están cubiertas de cera blanca que esconden al insecto; en la superficie ventral se observan las antenas que son de seis a siete segmentos, los ojos son conspicuos y ligeramente esclerotizados con escudo clépeo-labral, el labio es triangular; las patas son cortas y robustas con una uña: el primer par de patas esta dirigido hacia delante entre las antenas y los otros dos pares se proyectan hacia atrás; el abdomen es oval, con los segmentos acompañados por setas (Pérez y Kostarab, 1992), en el extremo posterior se proyecta la genitalia esclerotizada de forma cónica, la duración total del ciclo oscila entre 60 y 90 días, dependiendo de las condiciones de temperatura (Romero, 2000).

El adulto del macho es de vida efímera y sólo vive de tres a cuatro días, presentan un par de alas bien desarrolladas y de venación reducida, antenas casi moniliformes de 10 segmentos y en el extremo del abdomen tienen filamentos o apéndices caudales. El ciclo biológico total del macho puede variar entre los 51 y 62 días (Piña, 1977; Marín y Cisneros, 1977; Gilreath y Smith,

1988). Los machos adultos no tienen la capacidad de alimentarse y presentan metamorfosis completa (holometábola) no así las hembras (Sullivan, 1991; citado por Méndez, 1992).

2.3.4 Hábitos

Son sedentarios y tienden a juntarse en grupos sobre los cladodios y se alimentan al insertar sus estiletes al tejido vegetal, los machos al final del desarrollo forman un huevo característico ovalado, blanco, sedoso de 3 a 4 mm de largo, de donde emerge el adulto alado de vida efímera, razón por la cual aprovecha para aparearse y fecundar a varias hembras. Comienzan a reproducirse en la primavera, pasan por tres estadios jóvenes, las ninfas recién emergidas presentan movilidad por uno o dos días y generalmente son dispersadas por el viento a otras pencas o plantas, en cuanto llegan al cladodio buscan hendiduras en la base de las espinas para establecerse, insertando su estilete bucal. Al iniciar su alimentación ya no se movilizan. Su incremento poblacional se presenta al aumentar la temperatura en los meses de marzo-abril y declina en los meses de septiembre-octubre (Méndez, 1994).

2.3.5 Influencia de la temperatura en el desarrollo

Hosking (1984) determinó que la temperatura más favorable para el desarrollo, supervivencia y reproducción de la cochinilla grana silvestre *Dactylopius*

austinus, oscila entre 25 y 30 °C; el ciclo biológico de desarrollo fue más rápido a la temperatura de 30 °C que a temperaturas bajas.

2.3.6 Daños

Durante el invierno, esta plaga tiene poca actividad pero desde que la temperatura comienza a ascender, inicia la actividad y la reproducción de esta plaga se hace notable, la cual ataca por igual a las pencas y a los frutos, actualmente se encuentra presente en todo el año con menos actividad a temperaturas bajas o días lluviosos.

Se caracteriza por su aspecto de pequeñas motitas de algodón, que al ser aplastadas, muestran una coloración rojo intenso en su interior; si el ataque a la planta es severo, puede originar que el fruto se caiga antes o después de que madure y en densidades severas ocasionan la muerte de la planta.¹

2.3.7 Enemigos naturales

Los enemigos naturales de *D. opuntiae* encontrados en Villa Milpa Alta fueron *Hyperaspis trifurcata* y *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae), *Laetilia* sp. (Pyralidae: Phycitinae) y *Baccha* sp. (Syrphidae: Syrphinae) (Sánchez, 2002).

¹ <http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CnopalSanidad.html>

2.4 El nopal (Opuntia)

2.4.1 Origen y distribución del nopal

El género *Opuntia* se distribuye desde la provincia de Alberta en Canadá, hasta la Patagonia en Argentina, pero es más frecuente en las zonas desérticas del sur de Estados Unidos, México y América del Sur. Se reconocen 350 especies de este género de las cuales 100 las encontramos en México (Bravo, 1978).

2.4.2 Clasificación taxonómica

La clasificación de las cactáceas es compleja y se basa en características anatómicas analizadas desde el punto de vista evolutivo. Para el caso de *Opuntia* la clasificación es la siguiente:

Reino: Vegetal

Sub-reino: Embryophyta

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Dialipetalas

Orden: Opuntiales

Familia: Cactaceae

Tribu: Opuntiae

Género: *Opuntia* (Bravo, 1937)

2.4.3 Importancia del nopal

En la actualidad el nopal (*Opuntia* spp) es una especie importante en el mundo y se explota en más de 20 países. El nopal es importante no solo como especie para fruta, forraje y verdura sino también como materia prima en la industria farmacéutica, alimenticia y cosmetológica. Así también se ha considerado importante en la recuperación y conservación de suelos (Barbera *et al.*, 1995).

Por su potencial como fuente generadora de divisas, junto con otras cactáceas, ocupa cerca de 30 millones de hectáreas distribuidas en diferentes estados y el Distrito Federal, en este último se encuentra Milpa Alta que es la zona más importante del país en cuanto al cultivo del nopal verdura por la superficie cultivada y la producción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales entidades federativas productoras de nopal verdura en México (SIAP; 2002)

Entidad federativa	Superficie establecida (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (t/ha)
Distrito Federal	4,159	135,499	32.58
Morelos	1,450	29,340	36.67
Edo. de México	628	0	0
Baja California	499	7,610	27.17
San Luis Potosí	378	3	0.37
Michoacán	278	3,364	23
Tamaulipas	255	2,034	9
Aguascalientes	230	2,415	10.5

2.4.4 Enemigos naturales del nopal

El nopal es una planta que es afectada por una gran variedad de enemigos naturales, algunos de ellos considerados de importancia como heladas y plagas (Espinosa, 2001).

Entre las especies de insectos plaga que se encontraron en la región de Villa Milpa Alta fueron seis insectos en diferentes épocas del año identificándose por el tipo de daños que causaron a las plantas; además, se identificaron sus depredadores o parasitoides de estas especies plaga (Cuadro 2).

Cuadro 2. Insectos plaga del nopal verdura en Villa Milpa Alta, D. F., en los años 2000 y 2001 (Sánchez, 2002)

Género o especie	Familia	Hábito alimenticio
<i>Dactylopius opuntiae</i>	Dactylopiidae	Fitófago
<i>Chilocorus cacti</i>	Coccinellidae	Depredador de <i>D. opuntiae</i>
<i>Hyperaspis trifurcata</i>	Coccinellidae	Depredador de <i>D. opuntiae</i>
<i>Laetilia</i> sp.	Pyrilidae	Depredador de <i>D. opuntiae</i>
<i>Baccha</i> sp.	Syrphidae	Depredador de <i>D. opuntiae</i>
<i>Hesperolabops gelastops</i>	Miridae	Fitófago
<i>Chelinidea tabulata</i>	Coreidae	Fitófago
<i>Metamasius spinolae</i>	Curculionidae	Fitófago
<i>Melitara nephelepasa</i>	Pyrilidae	Fitófago
<i>Apanteles</i> sp.	Braconidae	Parasitoide de <i>M. nephelepasa</i>
<i>Platinota</i> n. sp.	Tortricidae	Fitófago
<i>Apanteles</i> sp.	Braconidae	Parasitoide de <i>Platynota</i> sp.

2.5 Control biológico

2.5.1 Definición

El control biológico de plagas se define como la acción de parásitos, depredadores y patógenos que mantienen una población a bajas densidades, la cual no se podría mantener en ausencia de dichos organismos (Caltagirone, 1981).

2.5.2 Estudios básicos

Bajo el estudio del control biológico, se incluyen fases que son básicas a cualquier aplicación del método, pero las cuales no necesariamente reportan resultados utilitarios inmediatos como un objetivo y no incluyen los efectos directos para utilizar, manipular o conservar los enemigos naturales (De Bach, 1985).

Los estudios básicos tienen un lugar muy importante y definitivo en el campo del control biológico y deben ser activamente apoyados y continuados lo más que sea posible, aunque pueda haber grandes presiones económicas para concentrar estudios sobre el problema de aplicación. La solución de estos mismos problemas puede caer dentro de ciertos descubrimientos imprevistos de naturaleza fundamental. El descubrimiento de nueva información científica, como un fin, ciertamente no necesita justificación en esta época. Estudios de

parásitos, patógenos y depredadores han dado exitosa información biológica, pues estos grupos, en particular, tienen muchas peculiaridades interesantes biológicas y de adaptación (De Bach, 1985).

2.5.3 Interacciones ecológicas

La transferencia de energía alimenticia desde su origen en las plantas a través de una sucesión de organismos, cada uno de los cuales devora al que precede y este es devorado por el que le sigue, se llama cadena alimenticia o trófica (Ville, 1978).

Las interacciones entre los organismos que componen un ecosistema se clasifican en:

1. Relaciones simbióticas que son aquéllas en las que los organismos viven íntimamente asociados. Se subclasifican en: a) mutualismo (interacciones que benefician a ambas especies), b) comensalismo (interacciones que benefician a un organismo y no afectan al otro).
2. Relaciones tróficas, las cuales están directamente relacionadas a la cadena alimentaria de los organismos involucrados, y son subdivididas en: a) herbívora, b) depredación o parasitismo (benefician un organismo y perjudican al otro).

3. Relaciones de competencia, las cuales involucran, por ejemplo, competición por territorio y recursos alimentarios.²

2.5.4 Depredadores

Los depredadores son individuos que consumen varios organismos durante su vida y activamente buscan su alimento, generalmente son más grandes que sus presas. Actualmente, las interacciones depredador-presa se consideran importantes para la estructura de las comunidades por el hecho de que los depredadores pueden, tanto impedir la presencia de algunas especies, como facilitar la de otras (Enkerlin, *et al.*, 1997).

A lo largo de la historia, la selección natural favorece a aquellos depredadores que son más eficientes y al mismo tiempo a las presas que evitan mejor a sus enemigos. Hay casos en los que a cada nueva adaptación del depredador sigue una contra-adaptación de las presas, a la cual subsecuentemente responden los depredadores. A este fenómeno se le llama co-evolución y es claro que el proceso por el cual depredadores y presas desarrollan cada vez mejores adaptaciones como una respuesta a las de su contraparte (Enkerlin, *et al.*, 1997).

² http://www.chemkeys.com/esp/md/tee_6/ecoqui_2/inttro_3/inttro_3.htm

2.5.5 Importancia del estudio de la depredación

La importancia de los depredadores en el control biológico natural ha sido evidenciada por la explosión de ácaros en muchos sistemas de cultivo, causada por la ola expansiva del uso de insecticidas químicos que elimina los depredadores de estos ácaros (Van den Bosch y Messenger, 1973).³

Muchas especies son depredadoras solamente en etapas específicas de su ciclo vital. En muchas especies la depredación y el parasitismo están dominando entre procesos ecológicos, la dinámica de estas poblaciones no puede ser predicha y ser entendida sin la consideración de enemigos naturales para mantener la población de perjudiciales, abajo de su umbral de daño económico (Murdoch y Oaten, 1975).

2.6 Importancia de la cría de insectos

Los problemas de índole entomológico, que cada vez eran de mayor importancia para la humanidad, dieron pauta al establecimiento de crías de insectos, básicamente para realizar estudios de control y transmisión de enfermedades. En un inicio los conocimientos sobre crías de insectos eran escasos, sin embargo, poco a poco con los problemas a los que se enfrentaron

³ <http://www.uady.mx/sitios/veterinaria/ofacad/curso.pdf>

los entomólogos, adquirieron experiencias para resolver diversas situaciones y mejorar las técnicas (Morón y Terrón, 1988; Vejar, 1989).

El uso deliberado de depredadores y parásitos, incluyendo microorganismos ha probado ser altamente exitoso como un método de control contra varios insectos (Walton, 1980). La cría masiva de catarinitas (Coccinélidos) ha resultado difícil debido a la falta de dietas oligídicas, a la dificultad para coleccionar sus huevecillos y por su acentuado canibalismo (Hussein y Hagen, 1991).

Actualmente, la finalidad de criar insectos está dividida en cuatro grandes grupos: 1) cría para uso industrial (obtención de derivados de los insectos), 2) cría para consumo humano y animal, 3) cría para el control de insectos dañinos (cría a gran escala) y 4) cría para la investigación y enseñanza (cría en pequeña escala). En los últimos dos grupos recae la mayor diversidad de insectos que se han criado, debido a la importancia que ello implica para las ciencias agrícolas, médica y veterinaria (Bautista *et al.*, 1994).

2.6.1 Métodos de manipulación de enemigos naturales

Existen varias posibles maneras de aumentar la efectividad de los enemigos naturales, dependiendo de los lineamientos proporcionados por los estudios básicos. Algunas de las mayores posibilidades incluyen: 1) colonización periódica cuando ya sean enemigos naturales producidos masivamente o producidos en campo; 2) desarrollo de variedades adaptadas mediante

selección artificial; 3) proporcionamiento en el hábitat de alimentos complementarios para adultos u otros requisitos inadecuados o escasos; 4) uso artificial de huéspedes alternativos; 5) la inoculación artificial de la planta huésped normal con el insecto huésped normal; y 6) modificación del hábitat para eliminar o disminuir efectos adversos originados de las prácticas culturales (De Bach, 1985).

Esta técnica aparentemente simple de manipulación de un solo factor biótico, a fin de cubrir alguna debilidad y así capacitarlo para controlar el insecto huésped, es una fase muy compleja de control biológico aplicado. En cierta manera es necesario poner un “puntal” en la estructura, en el lugar y tiempo adecuado de la maquinaria dentro del ecosistema. Si el puntal surte los efectos deseados, la plaga será controlada antes de dañar el cultivo. Por lo tanto, como ya se ha mencionado, la ecología y el ciclo de vida de una plaga así como la de los enemigos naturales deben entenderse antes de intentar un tipo particular de liberación (De Bach, 1985).

2.7 Respuesta funcional

2.7.1 Importancia de la respuesta funcional

La estabilidad en las interacciones depredador-presa es una edición importante para el control biológico (Strand y Obrycki, 1996). Para evaluar la persistencia

de la especificidad de la presa, es necesario entender la base y la evolución genética de las asociaciones depredador-presa (Gilbert *et al.*, 1994).

Una vez que un depredador acepte una presa, puede entonces continuar alimentándose de ella, usando su energía en desarrollo y reproducción. Si la presa no es conveniente (es decir, tiene baja calidad alimenticia), el depredador puede rechazar la presa, o puede continuar alimentándose, pero con efectos perjudiciales. Los efectos negativos pueden incluir índices reducidos del desarrollo, de reproducción o de supervivencia. Se han realizado estudios diversos sobre los requerimientos alimenticios de depredadores (Hagen, 1987). A pesar de estos estudios, relativamente pocos depredadores de insectos pueden criarse con éxito, e incluso pocos se pueden criar en dietas artificiales (Cohen, 1992).

2.7.2 Respuesta funcional

La respuesta funcional de un depredador es un factor clave en la dinámica de poblaciones en sistemas depredador-presa. La respuesta funcional puede determinar si un depredador es capaz de regular la densidad de sus presas (Oaten y Murdoch 1975).

Holling (1959), sugirió un modelo de la respuesta funcional que sigue siendo la más popular entre ecologistas. Este modelo a menudo se llama “ecuación de disco” porque Holling utilizó los discos de papel para simular el área examinada

por los depredadores. Matemáticamente, este modelo es equivalente al modelo de la cinética de la enzima, desarrollada en 1913 por Lenor Michaelis y Maude Menten.

Este modelo ilustra el comportamiento principal del presupuesto del tiempo en ecología. Asume que un depredador invierte su tiempo en dos tipos de actividades: 1. Buscar la presa y 2. Manejo de la presa que incluye: perseguimiento, matar, comer y digerir.

El índice de consumo de un depredador se limita en este modelo porque incluso si la presa es tan abundante que no hay tiempo invertido para la búsqueda, de cualquier forma el depredador necesita invertir tiempo en el manejo de la presa (Holling, 1959).

El modelo indica el número de presas consumidas por un depredador a diferentes densidades de la presa. Esta es una forma típica de la respuesta funcional de muchas especies depredadoras. Ante bajas densidades de la presa, los depredadores pasan la mayoría de su tiempo en búsqueda, mientras que en las altas densidades de la presa, los depredadores pasan la mayoría de su tiempo en el manejo de la presa. Holling (1959) considera tres tipos importantes de respuesta funcional (Figura 1).

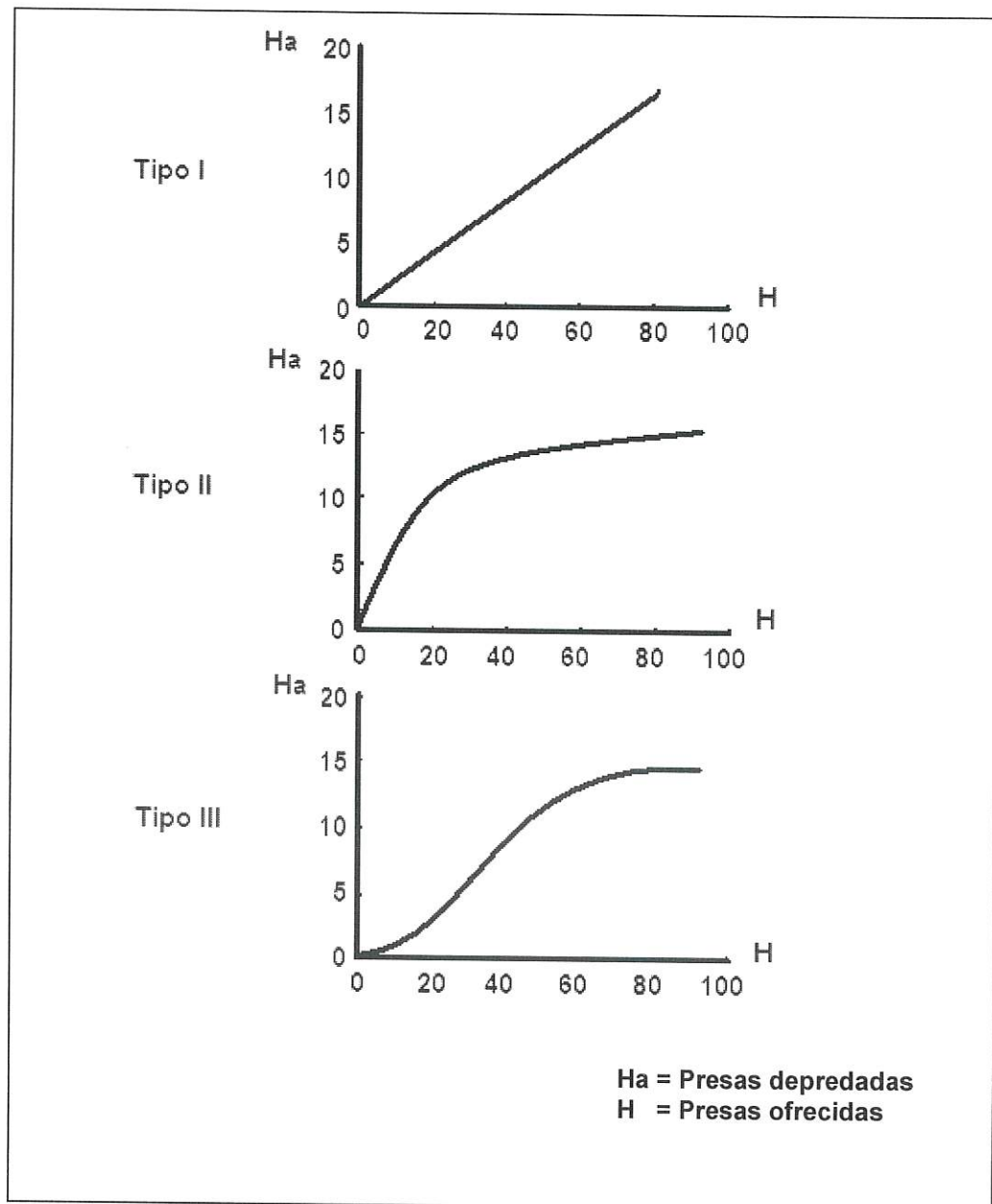


Figura 1. Tipos de respuesta funcional

La respuesta funcional del tipo I se encuentra en depredadores pasivos como arañas. El número de las moscas en la red es proporcional a la densidad de la mosca. La mortalidad de la presa debido a la depredación es constante.

La respuesta funcional del tipo II es la más típica. La tarifa de la búsqueda es constante. La estabilidad de la curva representa la saturación depredadora. La mortalidad de la presa declina con la densidad de la presa. Depredadores que causan la mortalidad máxima bajan la densidad de la presa.

La respuesta funcional del tipo III ocurre en los depredadores que aumentan su actividad de la búsqueda con el aumento de la densidad de la presas (Holling, 1959).

Por ejemplo *Polistes dominulus* Chris (Hymenoptera: Vespidae) depredador generalista fue responsable de la depredación de un 99.4% de larvas de *Cassida rubiginosa* Muller (Coleoptera: Chrysomelidae) en diferentes campos de Suiza, el cual mostró una respuesta funcional tipo III encontrando que este tipo de respuesta fue el resultado de la especialización sobre el tipo de presa en particular debido a que se evaluó únicamente con una especie (Schenk y Bacher, 2002).

2.8 Respuesta numérica

Uno de los parámetros poblacionales que se obtienen mediante las tablas de vida y fertilidad es la tasa intrínseca de incremento, la cual describe el incremento de la población en un ambiente dado; asimismo en un modelo en el manejo de poblaciones de insectos (Andrewartha y Birch, 1954; Southwood, 1978; citados por Méndez, 1992). Krebs (1985) define este parámetro como el

“índice de incremento logrado con cualquier combinación de temperatura, humedad, calidad de alimento y cuando la disponibilidad de espacio, alimento y otros animales de la misma especie se mantiene en un nivel óptimo y se excluye por completo del experimento a otras especies”. Otro parámetro estimado es la tasa finita de incremento la cual puede interpretarse como “el número de individuos que se agrega a la población por unidad de tiempo”.

La respuesta numérica significa que los depredadores llegan a ser más abundantes mientras que la densidad de la presa aumenta. La respuesta es influenciada por nacimientos, rangos de supervivencia y por dispersión de tablas de movilidad de un depredador desde una área de densidad baja de la presa a una área de densidad alta de la presa. La atracción de áreas de alta densidad de la presa puede ser debido a agregaciones de presa o a rasgos de un ambiente tipo de la presa (Crawley, 1975).

El modelo más simple de la respuesta numérica del depredador se basa en la asunción que el índice de la reproducción de depredadores es proporcional al número de la presa consumido. Esto es como la conversión de la presa en depredadores nuevos (Holling, 1959).

Por ejemplo, la abundancia relativa del coccinélido *Olla v-nigrum* (Mulsant) en cítricos de la Florida, antes y después de la invasión del psílido Asiático, *Diphorina citri* Kuwayama. Los cuales fueron observados alimentándose de las formas inmaduras del psílido, eliminándolos por depredación, siendo *O. v-*

nigrum una especie rara antes de la invasión del *D. citri*, ahora es abundante en los cítricos de Florida donde está presente el psílido, pero sigue siendo escasa donde *D. citri* esta ausente (Michaud, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de colecta

La investigación se realizó con material entomológico colectado en Villa Milpa Alta, ubicada al sureste del Distrito Federal, entre 2240 y 2400 metros sobre el nivel del mar (Figura 2). Ocupa una superficie de 288.41 km², el clima es variable; en las zonas bajas es templado subhúmedo con lluvias en verano y en las zonas altas predomina el semifrío-húmedo con abundantes lluvias en verano. La precipitación pluvial media anual es de 746 mm, siendo los meses de junio a septiembre la época de mayor intensidad de lluvias. La temperatura media anual es de 16 °C, en abril y mayo se registra un promedio de 18 °C y de enero a diciembre 13 °C (Espinosa, 1996).



Figura 2. Ubicación geográfica

3.2 Colecta e incremento del material

El trabajo se inició en el mes de mayo de 2003, colectando cladodios de nopal infestados de cochinilla grana *D. opuntiae* e individuos del depredador *H. trifurcata*.

El material colectado se traslado al laboratorio de cría de insectos del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y se mantuvo a una temperatura de 23 ± 2 °C, regulada con focos de calor. Con una humedad relativa media de 50% para obtener la biología, 65% para determinar la respuesta funcional y para la respuesta numérica fue de 51% con una oscilación de ± 5 %.

Ya en el laboratorio se inició con la cría para incrementar la población del insecto en estudio con el fin de disponer de un número suficiente, la que consistió en colocar el material colectado en jaulas de plástico cubiertas con tela de organza, para permitir la observación del material y evitar la pérdida por el vuelo de los insectos. Los cladodios infestados con cochinilla grana fueron cambiados cuando el depredador eliminaba la población de ésta.

Por otra parte se incrementó la colonia de cochinilla grana en cladodios de nopal, el incremento de material se realizó con la finalidad de obtener suficiente material para realizar los estudios de respuesta funcional y numérica. Posteriormente se realizaron recorridos de campo para colectar material vegetal

ya que estos duran entre 40 y 50 días aproximadamente después comienzan a deshidratarse o inicia una podredumbre lo cual ocasiona la muerte de la cochinilla grana *D. opuntiae*.

3.3 Obtención de los genitales externos de *H. trifurcata*

Cada especie de insectos presenta estructuras muy particulares que resultan de gran utilidad en la separación taxonómica. Debido a que los genitales masculinos presentan un amplio margen de variación, esto los hace muy útiles para separar los géneros y las especies de muchos grupos de insectos. En el caso de Coccinellidae, cuando están desarrollados, constan esencialmente de un par de falobases a modo de broches (claspers), los cuales ayudan a sujetar a la hembra durante la cópula, entre estos se extiende el edeago (aedeagus), éste último se compone de un pene y de un par de estructuras laterales denominadas parámetros.

Para la extracción de los genitales se utilizó el método de Kingsolver (1970), que fue inicialmente utilizado en brúquidos y posteriormente en Coccinélidos, el cual fue adaptado por Carrillo (2001), debido al tamaño tan pequeño de las estructuras de los genitales de los ejemplares.

Se realizó la extracción de genitales externos con la finalidad de corroborar la especie y de encontrar alguna característica morfológica para diferenciar entre

machos y hembras en estado adulto siguiendo los pasos que a continuación se mencionan:

1. Colocar al insecto en posición ventral o abdominal, sujetándolo con pinzas entomológicas, posteriormente con un alfiler entomológico doblado de la punta se abre el abdomen y con unas pinzas entomológicas se extrae el último segmento abdominal al cual salen adheridos los genitales. Una vez extraídos, los genitales se colocan en un vaso de precipitado de 50 ml de volumen, al cual se vierten 20 ml de hidróxido de potasio (KOH) al 10 % que se calienta a 100 °C durante un periodo de 2 a 7 minutos. Para eliminar así el exceso de grasa y músculo. Se recomienda observar hasta el momento que se encuentren completamente limpios.
2. Cuando las estructuras que conforman los genitales son visibles y están libres de grasa y tejidos, se colocan en una caja petri de 8 cm de diámetro con agua destilada; después con ayuda de un alfiler se agitan para facilitar la remoción de KOH y los tejidos.
3. Posteriormente, los genitales se colocan en portaobjetos con glicerina para observarlas bajo el microscopio estereoscópico para realizar una comparación con los reportados por Gordon (1985).

3.4 Tasa de consumo neto de alimento

Para conocer la tasa neta de consumo de alimento de los individuos de *H. trifurcata* se eligieron al azar cinco machos y cinco hembras, los cuales no fueron sometidos a ningún tipo de estrés, posteriormente, se colocó un individuo por caja petri en la cual se le introdujo un centímetro cuadrado de la colonia de cochinilla grana realizando observaciones cada 24 horas. Al terminarse la dosis de alimento que se les proporcionó, se suministró una nueva durante todo el proceso, el cual duró 20 días.

3.5 Canibalismo entre individuos de *H. trifurcata*

Para determinar la existencia de canibalismo entre individuos de la misma especie se realizaron pruebas las cuales consistieron en colocar adultos y/o larvas de *H. trifurcata* en cajas petri sin proporcionarles alimento durante el resto de su ciclo de vida. El primer paso consistió en colocar tres machos por caja, en el segundo se colocaron tres hembras por caja y en el tercero se colocaron dos hembras y dos machos por caja, con doce repeticiones para cada prueba, las cuales se realizaron por partes, de tres en tres repeticiones durante el tiempo que duro el experimento (12 meses), las larvas se colocaron en número de dos y tres por caja, siguiendo el mismo procedimiento de los adultos.

3.6 Biología

Para conocer la biología de *H. trifurcata* se realizaron los pasos siguientes:

1. Se colocó una pareja de adultos en una caja petri con 10 repeticiones para que ovipositaran a la cual se le adicionó una dosis de alimento de 2 a 4 cm² de la colonia de cochinilla grana; cada 24 horas se les cambió el alimento por uno fresco. La cochinilla (alimento) en la que había ovipositado la pareja de *H. trifurcata* se dispersó sobre un cladodio infestado con cochinilla grana, posteriormente se observaron cada 24 horas para llevar un registro para conocer la longevidad del huevecillo.

Para corroborar estos datos se colocó una pareja en una caja petri con 10 repeticiones a la cual se le adicionó una dosis de alimento de 2 a 4 cm² de la colonia de cochinilla grana. Al término de 24 horas se cambió la pareja *H. trifurcata* a otra caja petri con alimento fresco, se realizaron observaciones cada 24 horas en las cajas donde había ovipositado la pareja, para llevar el registro de la longevidad del huevecillo.

2. Para determinar la longevidad de las larvas se les llevó un registro dejándolas en el cladodio donde eclosionaron. Para las larvas que lo hicieron en las cajas petri, éstas fueron cambiadas de cajas en las cuales se alimentaron, con individuos de cochinilla en estado de ninfa o adultos, para realizar una

mejor observación, llevando al igual que a las anteriores un registro de longevidad, con observaciones cada 24 horas.

3. En el caso de las pupas, se colocaron en cajas petri para llevar un registro, con observaciones cada 24 horas para obtener la longevidad en este estado.

4. Los adultos se colocaron en cajas petri, uno o varios por caja, siempre y cuando hubiesen emergido el mismo día, alimentándolos durante todo el ciclo de vida y se realizaron observaciones cada 24 horas para obtener la longevidad.

3.7 Efecto del fotoperíodo en los depredadores

La temperatura se reguló con focos de calor, por lo que antes de iniciar esta evaluación se realizaron ensayos con dos de los tratamientos (8 y 12 presas por caja) para ver el efecto del fotoperíodo durante 20 días y observar el comportamiento de los depredadores. En el primer caso, se evaluaron en condiciones de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. El segundo fue 24 horas luz, para lo cual se utilizaron focos de calor.

3.8 Determinación de la respuesta funcional

Para realizar esta evaluación se utilizaron presas de cochinilla en estado adulto, las cuales fueron limpiadas casi en su totalidad de la cera que secretan, con la

finalidad de observar el estado de desarrollo del insecto y cerciorarse de la cantidad de insectos a utilizar.

La evaluación se realizó en cajas petri en las cuales se colocaron 3, 5, 7, 9 y 11 presas en presencia de un individuo de *H. trifurcata*, en estado adulto, que ayunó por 24 horas previas al inicio de la evaluación. Se realizaron 8, 6, 4, 3 y 3 repeticiones, respectivamente para cada número de presas por depredador. El tiempo de exposición depredador-presa fue de siete días, durante el cual se realizó el reemplazo de las presas cada 24 horas, en las que se realizó un conteo de las presas depredadas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos para la respuesta funcional

No. de presas por caja	No. de repeticiones	Días exposición depredador- presa
3	8	7
5	6	7
7	4	7
9	3	7
11	3	7

El análisis de datos se realizó con el modelo de Holling el cual se transformó a una forma lineal para los siete días para observar el comportamiento del depredador respecto al tiempo, en donde el número total de repeticiones se obtuvo multiplicando el número de repeticiones planteadas en la metodología

por el número de días evaluados, posteriormente se graficó la respuesta funcional mediante el modelo de Holling (1959), del mejor día para ver el comportamiento del depredador a diferentes densidades de presa.

3.9 Determinación de la respuesta numérica

En esta evaluación se utilizaron presas de cochinilla en estado adulto, las cuales, a diferencia de la evaluación anterior, se desprendieron solo de una parte de la cera para poder observar el desarrollo del insecto y cerciorarse de la cantidad de insectos presentes, ya que los depredadores tienden a ovipositar entre la cera que secreta la presa.

Antes de determinar la respuesta numérica se realizaron pruebas previas con los tratamientos que posteriormente se plantean para esta evaluación, para conocer el tipo de reproducción.

De las jaulas donde se tuvo la cría o el incremento de los depredadores (*H. trifurcata*) se colectaron pupas, las cuales se colocaron en una caja petri, de donde se eligieron al azar adultos recién emergidos para llevar a cabo esta evaluación.

Para la evaluación de esta respuesta se puso el siguiente número de presas: 4, 6, 8, 10 y 12 individuos en presencia de una pareja de depredadores recién emergida por jaula. Se realizaron observaciones cada 24 horas durante todo el

ciclo de vida, en las cuales se hizo un conteo de presas depredadas, así como de huevecillos ovipositados, cambiando la cantidad de presas ofrecidas por frescas, en cada observación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos para la respuesta numérica

No. de presas por caja	No. de repeticiones	Periodo de evaluación
4	5	Todo el ciclo de vida para todos los tratamientos
6	5	
8	5	
10	5	
12	5	

Los datos fueron analizados mediante el modelo $Y = a x + b$ con el programa Curve Expert 3.1.

3.10 Calidad del insecto

Para conocer si los insectos criados en condiciones controladas pierden capacidad depredadora, en comparación con los que se encuentran en forma natural en su hábitat, se realizaron pruebas de calidad, las cuales consistieron en colocar un depredador criado en laboratorio por caja petri al cual se le ofreció un número de nueve presas por caja, con cinco repeticiones, contra insectos colectados en su hábitat natural, colocados en las mismas condiciones

y repeticiones que los anteriores. Se observaron cada 24 horas para contar el número de presas depredadas y cambiar el número de presas ofrecidas por frescas.

3.11 Conducta de apareamiento y oviposición de *H. trifurcata*

Los individuos utilizados en estas observaciones se mantuvieron durante 24 horas en una caja petri con abundante comida, ubicando hembras y machos por separado para propiciar la copula a la hora del encuentro entre ambos sexos.

Para observar la conducta o comportamiento de los depredadores antes y durante la copula se colocó a una hembra en una caja petri, posteriormente se adicionó el macho en una posición al azar de la caja, se hicieron cinco repeticiones de esta prueba, durante un periodo de observación de 30 minutos. Otra observación fue en la que se colocaron tres hembras por caja; posteriormente se adicionaron de la misma forma que en la observación anterior tres machos, se hicieron cinco repeticiones. Los cuales fueron observados por un periodo de 30 minutos.

Las hembras que copularon, se colocaron por separado en una caja petri con cochinillas cubiertas de cera y sin cera. Para ver la conducta de oviposición.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incremento de material

Hyperaspis trifurcata Scchaeffe es un insecto que tiene buena capacidad de adaptación a un manejo diferente al que es encontrado en forma natural. Dada esta característica tan importante de adaptabilidad, se logró establecer la cría para incrementar el material biológico tanto de *H. trifurcata*, como de la cochinilla grana *Dactylopius opuntiae* Cockerell, logrando obtener suficiente material para las evaluaciones planteadas en este trabajo.

4.2 Obtención de los genitales externos de *H. trifurcata*

Con la extracción de los genitales se corroboró que la especie en estudio corresponde a *H. trifurcata* reportada por Gordon (1985), además se confirmó una característica muy importante señalada por Carrillo (2001) para la diferenciación entre machos y hembras en estado adulto. Hay dimorfismo sexual ya que los machos tienen la frente de color amarillo con pequeñas manchas dispersas de color café (lado derecho), sin embargo, en las hembras la frente es de color café oscuro a negro (lado izquierdo) como se observa en la Figura 3.



Figura 3. *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer

4.3 Tasa de neta de consumo de alimento

En cuanto a la tasa neta de consumo de alimento por machos y hembras en estado adulto de *H. trifurcata*, no se notaron diferencias debido a que el consumo de alimento es igual en ambos sexos, ya que en esta evaluación se observó que consumen en promedio 1.5 presas al día por individuo indistintamente del sexo. Esta evaluación se realizó sin someter a los depredadores a un estrés como es el ayuno previo a la evaluación o competencia entre individuos de la misma especie.

4.4 Canibalismo entre individuos de *H. trifurcata*

En las pruebas realizadas que se plantearon en la metodología para ésta evaluación con individuos de *H. trifurcata* en estado de larva y adulto, no se

observó canibalismo, ya que las larvas y adultos de esta especie se murieron al quedar varios días sin alimento. Por lo que no se presentó alguna lucha por espacio o alimento, transformándose ésta en canibalismo entre individuos de la misma especie.

4.5 Biología

El huevecillo de *H. trifurcata* es de forma ovalada, alargado, mide aproximadamente 1.5 mm de largo por .5 mm de ancho, son de color naranja tornándose de color más oscuro conforme se acerca el momento de la eclosión, los cuales son ovipositados en grupos entre la cera que secreta la presa como se observa en la Figura 4, rara vez son ovipositados lejos de donde se encuentra la presa o de la cera secretada por la cochinilla, al igual que son pocas las ocasiones en que son ovipositados en forma individual. El huevecillo tiene una longevidad entre 5 y 7 días, esta descripción prácticamente concuerda con la realizada por (Mckenzie, 1932; citado por Carrillo, 2001) y la establecida para los coccinélidos en general.

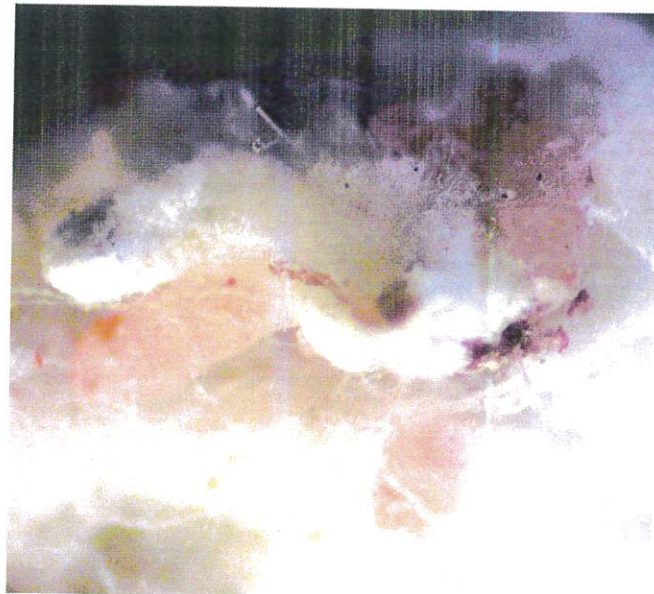


Figura 4. Huevecillos ovipositados en grupo

La larva mide aproximadamente 1 mm de longitud recién eclosionada alcanzando hasta 6 mm de longitud antes de pasar al estado de pupa, es elongada, rugosa y cubierta por setas pequeñas; al eclosionar son de color rojo intenso y a medida que van creciendo se van tornando de color rojo púrpura un poco opaco como se observa en la Figura 5; la cabeza es externa con el contorno circular a oblongo; antenas con tres antenómeros poco visibles. El tórax con los tres segmentos bien definidos, cada uno con un par de patas un poco alargadas y cada pata cuenta con cuatro artejos y una uña. El abdomen presenta 10 segmentos, los de la mitad anterior son más anchos y se adelgazan gradualmente hacia el extremo caudal, el décimo segmento es pequeño y puede servir como propata o como disco succionador que funciona como ventosa. Pasa por cuatro instares, cambiando de muda en cada instar,

con una longevidad total de 15 a 19 días. La descripción de la larva concuerda con la realizada por Gordon (1985).



Figura 5. Larva adulta

La pupa es del tipo exarata de 2 a 3 mm de longitud, con una variación en el color que va del rojo en los primeros días al café oscuro cuando va a emerger el adulto como se observa en la Figura 6, con una longevidad promedio de 14 a 18 días.



Figura 6. Pupa de *H. trifurcata*

El adulto presenta el cuerpo en forma oval, convexa; mide de 2.30 a 3.0 de longitud por 1.80 a 2.40 mm de ancho; la cabeza es glabra, solo presenta pubescencia densa en el clípeo; el pronoto en ambos sexos, es de color negro, con el borde lateral estrecho y de color amarillo rojizo. Los élitros son negros con una variación en el patrón de coloración que va del rojo al amarillo como se observa en la Figura 7. Las líneas postcoxales no llegan al margen posterior del primer esternito abdominal como lo menciona Gordon (1985) con una longevidad promedio de 45 a 49 días llegando a vivir hasta 55 días.

Bajo las condiciones en las cuales se realizó la presente investigación, el ciclo biológico total dura alrededor de 13 semanas (90 días) a una temperatura de 23 ± 2 °C, lo que no concuerda con Gordon (1985) donde reporta de 2 a 8 semanas, generalmente de 4 a 6 para coccinélidos dependiendo de la especie.

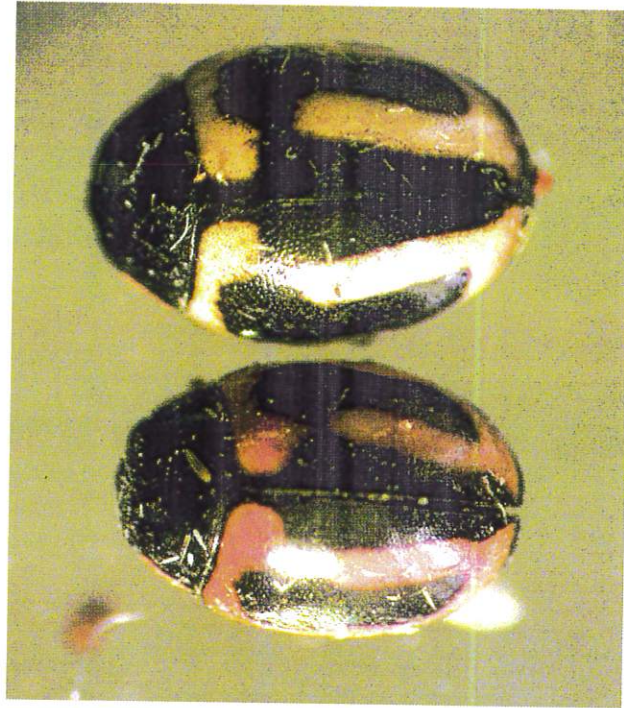


Figura 7. Adultos de *H. trifurcata*

4.6 Respuesta funcional y numérica

Basados en la tasa de consumo neto de alimento y en pruebas previas se observó que el depredador incrementa su voracidad al ser sometido a un proceso de ayuno previo a las evaluaciones, además de llegar a un punto en el cual mantiene un comportamiento similar a diferente número de presas ofrecidas.

Antes de determinar la respuesta funcional y numérica se hizo un ensayo de influencia de fotoperíodo, en el que se observó que los focos de calor no tienen efecto negativo en el comportamiento del depredador, por el contrario, incrementan esta actividad, ya que al comparar dos tratamientos de los cuales

se tomaron los promedios de huevecillos ovipositados de cada tratamiento, cuando se les ofrecieron 8 presas por caja sin focos, ovipositaron 20 huevecillos y con focos de calor ovipositaron 74 huevecillos, y al ofrecerles 12 presas por caja sin focos ovipositaron 40 huevecillos y con focos de calor ovipositaron 120 huevecillos.

4.7 Respuesta funcional

4.7.1 Comportamiento del depredador en los diferentes días

Esta evaluación como se planteo en la metodología, se realizó durante siete días; a los datos obtenidos se les aplicó el modelo de Holling (1959) transformado a una forma lineal del cual se obtuvieron los datos que se muestran en el Cuadro 5, empleando el programa Curve Expert 3.1.

Cuadro 5. Resultados del modelo

Día	S	R
1	0.04921066	0.79539145
2	0.04121580	0.87860357
3	0.04292003	0.89816050
4	0.04077806	0.89070566
5	0.02633243	0.96295999
6	0.02777225	0.96078900
7	0.03246719	0.95327200

Donde, de acuerdo con los valores obtenidos en la desviación estándar (S) y en el coeficiente de correlación (r), en el día cinco los depredadores alcanzan su máxima capacidad depredadora, ya que a partir de este día los depredadores comienzan a disminuir su voracidad.

4.7.2 Respuesta funcional para el quinto día

De los datos obtenidos en el Cuadro 5. Se realizó la gráfica del modelo de Holling (1959) transformado a una forma lineal como se muestra en la Figura 8.

Posteriormente de la valoración de parámetros (Cuadro 6), se obtuvo la gráfica de Holling (1959) de respuesta funcional del depredador *H. trifurcata* sobre la presa *D. opuntiae*, la cual corresponde al tipo II, como se puede observar en la Figura 9, en la cual la tasa de búsqueda de los depredadores es constante. La cima o estabilidad de la curva significa que el depredador llega a un punto de saciedad, a partir del cual mantiene la capacidad depredadora.

Cuadro 6. Valoración de parámetros para respuesta funcional

No. de presas ofrecidas por jaula H	No. total de repeticiones	Total de presas depredadas	Promedio de presas depredadas Ha
3	40	65	1.625
5	30	54	1.8
7	20	44	2.2
9	15	35	2.333333
11	15	35	2.333333

Se realizaron más repeticiones con bajas densidades de presas en comparación con altas densidades de presas debido a que el error de las estimaciones de la mortalidad depende del número total de presas. La mortalidad de la presa declina con la densidad de la presa. Puesto que este depredador causa una mayor mortalidad a bajas densidades de la presa que a densidades altas de presa.

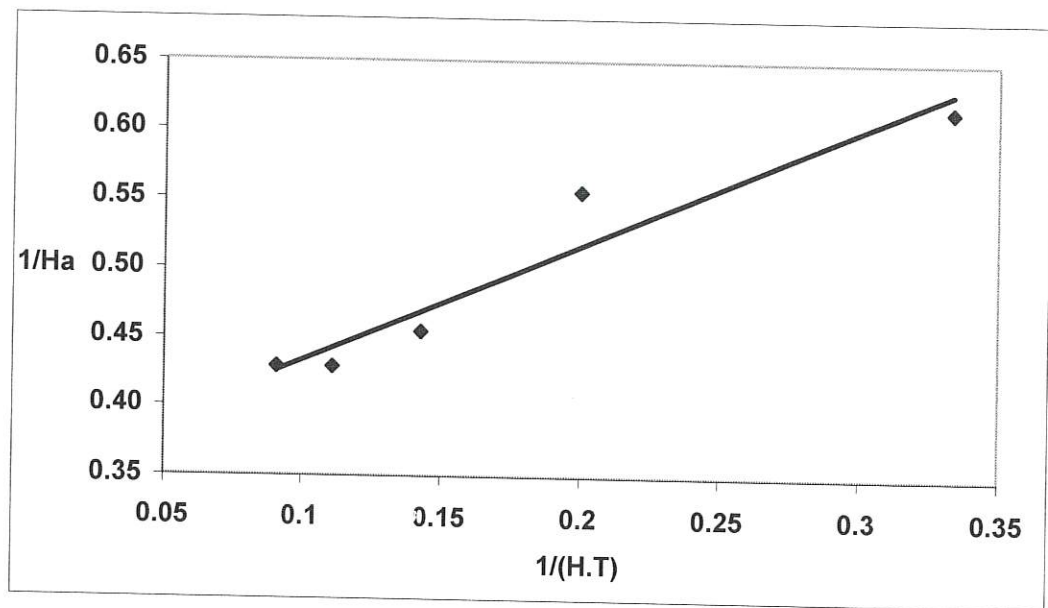


Figura. 8. Regresión lineal de *H. trifurcata* sobre *D. opuntiae*

La regresión muestra poca dispersión de los conjuntos de datos lo que indica una buena correlación entre estos conjuntos, en la cual se obtuvo el coeficiente siguiente de la regresión lineal donde $Y = 0.8369 x + 0.3495$.

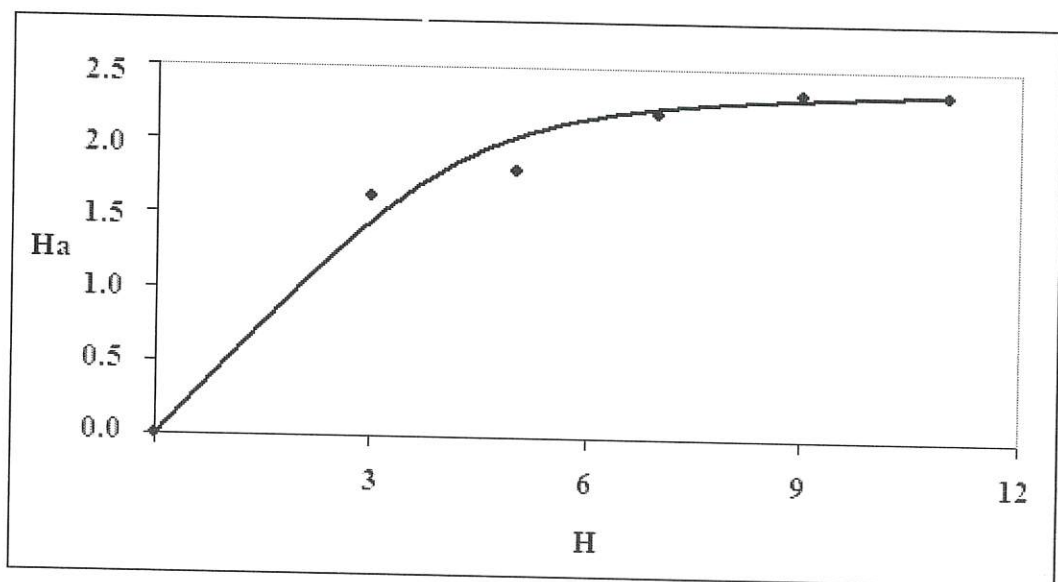


Figura. 9. Respuesta funcional de *H. trifurcata* sobre *D. opuntiae*

Los parámetros obtenidos al calcularlos en base al modelo de Holling (1959) transformado a una forma lineal se obtuvo un valor de la desviación estándar de $S = 0.026$ y en el coeficiente de correlación de $r = 0.962$.

En la Figura 9, se observan los promedios de consumo de alimento por depredador por día, durante los primeros cinco días. Asimismo, el comportamiento de los depredadores a diferentes densidades de presas ofrecidas (H) en donde se observó que a densidades bajas de tres, cinco y siete el depredador es voraz y va incrementando esta voracidad de 1.625, 1.8 y 2.2, respectivamente. Hasta llegar a los valores mayores de presas consumidas (H_a) por *H. trifurcata* cuando se le ofreció una densidad de 9 y 12 presas por caja consumiendo 2.333 presas en promedio por depredador por día. A medida que se incrementa la densidad de presas ofrecidas el depredador incrementa la voracidad a llegar a un punto en donde el depredador mantiene su capacidad depredadora aunque se incremente la cantidad de presas ofrecidas, esto se refiere a su capacidad máxima de consumo por día.

4.8 Respuesta numérica

En la especie depredadora se observó que la forma de reproducción es sexual, ya que en las pruebas donde se alimento a una sola hembra por caja no hubo oviposición. Además se observó que hay hembras estériles ya que al colocarlas con la pareja y copular no hubo presencia de huevecillos aunque se le

cambiaron varias parejas las cuales se tuvieron que desechar y trabajar únicamente con hembras o parejas fértiles.

4.8.1 Obtención de parámetros

Al evaluar la respuesta numérica se obtuvieron los promedios de cada tratamiento los cuales se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Valoración de parámetros para respuesta numérica

No. de presas por caja	No. de repeticiones	Promedio de Huevecillos	Promedio de presas depredadas
4	5	38.4	108.2
6	5	126.0	163.2
8	5	135.0	171.2
10	5	145.0	153.2
12	5	206.0	268.0

Aun cuando no todas las hembras vivieron el mismo periodo de tiempo, éstas presentaron una similitud marcada en el comportamiento entre tratamientos en esta respuesta, de los cuales en los siguientes apartados se graficó la relación entre los parámetros como son el promedio de huevecillos ovipositados con el número de presas depredadas como se observa en la Figura 10,

posteriormente se graficaron tres parámetros como son el promedio de huevecillos ovipositados, el número de presas ofrecido por tratamiento y el número de presas depredadas como se observa en la Figura 11.

4.8.2 Relación presas depredadas contra huevecillos ovipositados

Al graficar el número de presas depredadas contra huevecillos ovipositados se observa que a densidades bajas de presas depredadas la cantidad de huevecillos ovipositados es menor que cuando se incrementa la cantidad de presas depredadas.

Cuando los depredadores consumieron 108.2 presas en promedio ovipositaron 38.4 huevecillos y cuando depredaron 268 presas ovipositaron 206 huevecillos. En la Figura 10, se observa el comportamiento de los depredadores en relación a las presas depredadas contra huevecillos ovipositados con una buena relación entre los conjuntos de datos para los cuales se obtuvo un valor en el coeficiente de correlación de $r = 0.958$.

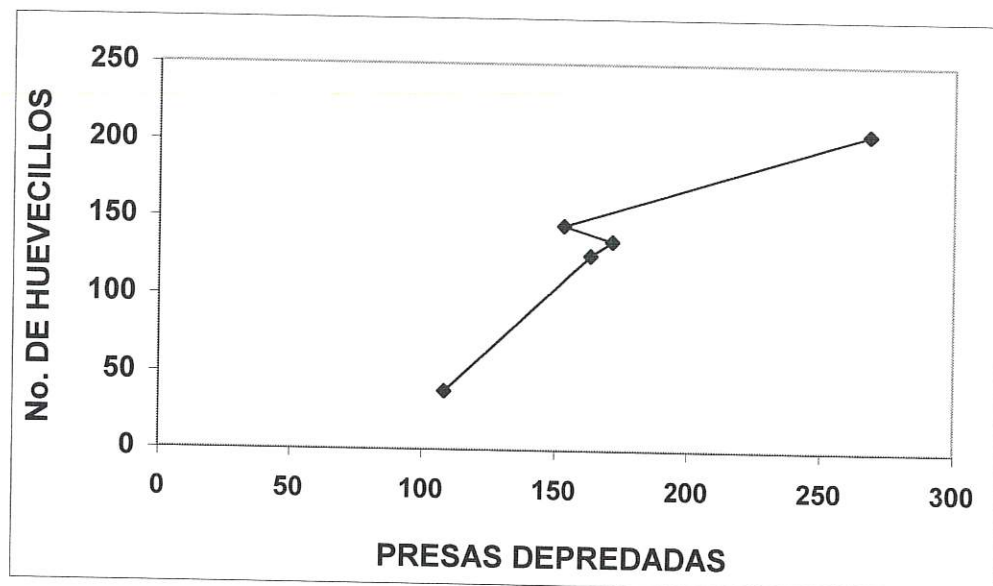


Figura10. Relación de presas depredadas contra huevecillos ovipositados

El comportamiento de los depredadores, en relación con la cantidad de presas depredadas, está en relación directa con la cantidad de huevecillos ovipositados, por lo que a medida que se incrementa la cantidad de presas depredadas se incrementa la cantidad de huevecillos ovipositados.

4.8.3 Relación entre presas ofrecidas, presas depredadas y huevecillos ovipositados

Al graficar la relación de los promedios de presas ofrecidas, presas depredadas y huevecillos ovipositados como se muestra en la Figura 11. Esta relación tiene una marcada influencia porque la cantidad de huevecillos ovipositados depende en gran parte del número de presas que se le ofrezca a la pareja de depredadores.

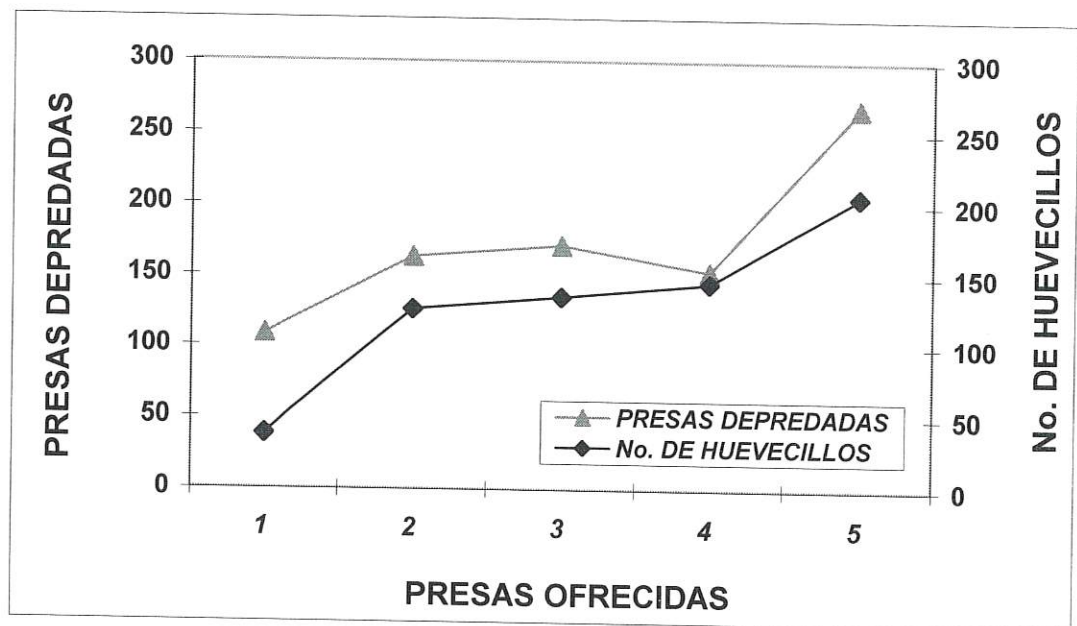


Figura 11. Relación de presas ofrecidas, presas depredadas y huevecillos ovipositados. Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas por caja por día.

En la Figura 11 se observa la relación entre los tres factores, en los cuales se encontró una relación directa entre estos, por lo que cuando se les ofrecieron cuatro presas por caja depredaron en promedio 108.2 presas y ovipositaron 38.4 huevecillos en promedio, al ofrecerles seis presas por caja depredaron en promedio 163.2 presas y ovipositaron 126 huevecillos, al ofrecerles ocho presas por caja depredaron un promedio de 171.2 presas para ovipositar 135 huevecillos, al ofrecerles 10 presas por caja depredaron en promedio 153.2 presas y ovipositaron 145 huevecillos en promedio y cuando se les ofreció 12 presas por caja depredaron en promedio 268 presas y ovipositaron 206.0 huevecillos en promedio.

A medida que se incrementa la cantidad de presas ofrecidas se incrementa la cantidad de presas depredadas, así como a su vez se incrementa la cantidad de huevecillos ovipositados. A densidades bajas de presas ofrecidas ovipositan poco únicamente para preservar la especie o por la relación entre la cantidad de alimento consumido y formación de huevecillos, esto solo se sabrá realizando otro tipo de estudios más detallados.

El comportamiento de los depredadores, a diferentes densidades de presas ofrecidas además de la relación ya mencionada, presento un dato curioso que es cuando los depredadores no se sienten bajo ninguna influencia de estrés o de algún otro factor que altere el comportamiento y tranquilidad que no les permita enfocar su energía a la reproducción de la especie, como en el caso cuando se les ofrecieron 10 presas por caja, depredaron menos presas que cuando se les ofrecieron 6 y 8 presas por caja, y además, hubo un mayor número de huevecillos ovipositados.

4.9 Calidad del insecto

En esta prueba se utilizaron depredadores en estado adulto criados en laboratorio, los cuales fueron comparados con, depredadores en estado adulto colectados en huertas de nopal donde se encontraban en condiciones naturales. Se observó que tienen un comportamiento similar respecto al consumo de alimento siendo este igual al obtenido en la tasa neta de consumo

de alimento, para los dos casos, en la que consumieron en promedio 1.5 presas por día por individuo.

4.10 Conducta de apareamiento y oviposición de *H. trifurcata*

En estas pruebas se colocaron una hembra y un macho en una caja de petri, y se observó que, la hembra por lo general permanece en movimiento en la periferia de esta. Al ser introducido el macho, este por lo general manifiesta estrés durante un periodo aproximado de 10 segundos, debido a la manipulación; después de este tiempo empieza a buscar a la hembra, persiguiéndola hasta alcanzarla, en ese momento la sujeta con las patas anteriores de los bordes posteriores del abdomen levantándola un poco para iniciar la copula y subirse a ésta permaneciendo en esta posición por más de 30 minutos, ya sea que la hembra se quede inmóvil o camine.

En la observación que se colocaron tres hembras, las cuales por lo general andan caminando, con tres machos, éstos, al igual que los anteriores, quedan estresados y posteriormente comienzan a buscar a las hembras persiguiéndolas, siguiendo el mismo comportamiento que los anteriores. Si se encuentran individuos del mismo sexo y/o una pareja copulando no ocurre nada, siguen su camino en busca de la hembra.

En las pruebas realizadas para la conducta de oviposición, se observó que la hembra de *H. trifurcata* al momento de ovipositar busca a las presas que estén

cubiertas de cera. Al llegar a la presa, hace con las patas posteriores un espacio en la cera para ovipositar un huevecillo, repitiendo ésta acción para cada huevecillo. Llega a ovipositar una masa de hasta 16 unidades por día.

4.11 Metodologías para la cría de *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer

Para la cría de este depredador en condiciones de laboratorio, se recomienda una temperatura de 23 ± 2 °C, con una humedad relativa media de 50% con oscilación de ± 5 %.

Con la finalidad de optimizar recursos en cuanto a material vegetal se proponen las dos metodologías siguientes.

4.11.1 Metodología en jaulas de plástico

1. En una jaula de plástico se coloca uno o varios cladodios de nopal, infestados de cochinilla grana, cuidando que no queden encimados uno de otro.
2. Se colocan adultos del depredador en la jaula, la cual se cubre con tela de organza para evitar la pérdida por vuelo de los depredadores, además de que permita observar el material.

3. La caja se revisa cada 48 horas para observar si los depredadores todavía tienen alimento, en caso contrario se debe cambiar el cladodio por otro infestado de cochinilla.

4. En la revisión de las cajas también se revisan los cladodios para observar que estados están presentes de los depredadores. Cuando se obtienen depredadores en estado de pupa se colocan en cajas petri hasta el momento de que emerja el adulto, una vez emergidos los adultos se inicia con el primer paso.

4.11.2 Metodología en cajas petri

1. Se coloca una pareja de adultos en una caja petri con una dosis de alimento de 2-4 cm² de alimento (individuos de la colonia de cochinilla grana con cera), los cuales se revisan a las 24 horas para observar si hay oviposición, en caso de haber, se cambiara la pareja a otra caja con una dosis de alimento nueva.

2. Los huevecillos ovipositados se mantienen en las cajas en constante revisión para observar el momento de eclosión.

3. Las larvas eclosionadas se colocan en cajas petri alimentándolas con individuos de cochinilla hasta el momento de pasar al estado de pupa.

4. Las pupas se mantienen en observación, al emerger los adultos se colocan por un periodo de 24 a 48 horas en cajas petri por parejas para cerciorarse que haya copula, posteriormente se inicia con el primer paso.

4.11.3 Ventaja y desventaja de la cría en cajas petri

La ventaja de la cría de *Hyperaspis trifurcata* S. en cajas petri es que en esta metodología se tiene un mejor control y conteo de la reproducción del depredador, ya que facilita la observación de todos los estados por los que pasa el depredador porque las larvas tienen el hábito de introducirse en la cera que secreta la cochinilla grana dificultando su observación y manejo.

Este procedimiento requiere de más trabajo ya que hay que limpiar la cera de las presas así como, cambiar el alimento a los depredadores cada 24 horas.

5. CONCLUSIONES

El depredador *Hyperaspis trifurcata* S. es un insecto con buenas características de adaptabilidad a ambientes diferentes de los que se encuentra en forma natural, ya que se adapta con facilidad para ser criado en condiciones de laboratorio en jaulas de plástico e incluso en cajas petri.

En coccinélidos es muy difícil encontrar especies que presenten dimorfismo sexual, sin embargo en *H. trifurcata* si existe un dimorfismo marcado en adultos, el macho presenta la frente de color amarillo y la hembra de color oscuro que va del café al negro.

Esta especie de depredadores tiene la capacidad de consumo de alimento igual en ambos sexos.

Estos depredadores no presentan canibalismo entre la misma especie aunque sea sometidos a una gran competencia por alimento.

H. trifurcata tuvo un ciclo biológico más largo que el reportado por Gordon (1985) para coccinélidos. El huevecillo duró entre 5 y 7 días; la larva 15 a 19 días mientras que la pupa 14 a 18 días para transformarse en adulto el cual

tiene una longevidad de 45 a 49 días, bajo condiciones de temperatura de 23 ± 2 °C y 50% de humedad relativa con una oscilación de ± 5 %.

Estos depredadores tienen diferente comportamiento conforme pasa el tiempo, los primeros días son muy voraces y al transcurrir el tiempo disminuyen su capacidad depredadora.

El comportamiento del depredador a diferentes densidades de presas ofrecidas, varía ya que a densidades bajas de tres, cinco y siete presas por caja es voraz consumiendo 1.625, 1.8 y 2.2 presas respectivamente. Llega a un punto de saciedad cuando se le ofrecieron nueve presas por caja en el cual el depredador mantiene una tasa de consumo constante de 2.333 presas, así se incrementa la cantidad de presas ofrecidas.

Existe una relación directa entre el número de presas depredadas y el número de huevecillos ovipositados, ya que a medida que se incrementa la cantidad de presas depredadas donde llegó a consumir 268.0 presas se incrementa la cantidad de huevecillos ovipositados obteniendo 206.0 huevecillos en promedio por pareja.

Cuando a los depredadores se les ofrecen pocas presas consumen menos que cuando se les ofrecen muchas, sin embargo al consumir pocas ovipositan menos huevecillos utilizando su energía en otra clase de actividades.

6. LITERATURA CITADA

- Barbera, G., Inglese, P. and Pimienta, B. 1995. Agroecology., cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome. Italy. 266 pp.
- Bautista, M. N., Vejar, C. G. y Carrillo, S. J. L. 1994. Técnicas para la cría de insectos. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. México. 186 pp.
- Boot, R. G., Cox, M. L. and Mage, R. B. 1990. Guides of insects of importance to man (3. Coleoptera). The University Press, Cambridge, International Institute of Entomology and the Natural History Museum. 82, 85 – 88 p.
- Borror, D. J. 1989. An introduction to the study of insect. Saunders Collage Publishing Philadelphia. 6^a ed. U. S. A. 404 pp.
- Bravo, H. H. 1937. Las cactáceas de México. Instituto de Biología. U.N.A.M. México 200 pp.
- 1978. Las cactáceas de México. 2^a ed. Instituto de biología. U.N.A.M. México. 235 pp.
- Caltagiore, E. L. 1981. Landmark examples in classical biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 26: 213-232 p.
- 1989. The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Ann. Rev. Entomol* 34: 1-16 p.

- Carrillo, B. G. 2001. Descripción de una especie de *Hyperaspis* spp. (Coleoptera: Coccinellidae), colectada en Hidalgo, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 47 pp.
- Cohen, A. C. 1992. Using a systematic approach to develop artificial diets for predators. In T.E. Anderson and N. C. Leppla, eds. *Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management*. Westview Press, San Francisco. 77-91 pp.
- Crawley, M. J. 1975. The Numerical Response of Insect Predators to Changes in Prey Density. *J. Anim. Ecol.* 44: 877-892 p.
- De Bach, P. 1959. Biological control by natural enemies. University of California. Riverside Published by the the syndics of the Cambridge University Press. New York. 323 pp.
- , 1985. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. C.E.C.S.A. México. 949 pp.
- Dixon, A. F. 2000. Insect predator-prey dynamics. Lady beetles and biological control. Cambridge University. Cambridge. 257 pp.
- Enkerlin, H. E., Cano, C. G., Garza, C. R. y Vogel, M. E. 1997. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Thomson Editores. México. 690 pp.
- Espinosa, O. G. 2001. Enemigos naturales de la cochinilla (*Dactylopius opuntiae* C.) del nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) en el municipio de Villa Tezontepec, Hidalgo. México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 72 pp.

- Espinosa, V. O. 1996. Milpa Alta. Monografía. Gobierno de la Ciudad de México. 91 pp.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *Journal of New York Entomology Society*. Vol. 93: 911 pp.
- Gilreath E. M. and Smith J. W. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopidae), exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (Cactaceae). *Environ. Entomol.* 17 (4): 730-738 pp.
- Gilbert, F., G. Rotheray, P. Emerson, and R. Zafar. 1994. The evolution of feeding strategies,. In: P. Eggleton and R. Vane-Wright, eds. *Phylogenetics and Ecology*. Linnean Society of London, Symposium Series No. 17. 323-343 p.
- Hagen, K. S. 1987. Nutritional ecology of terrestrial predators. In: F. Slansky and J. G. Rodriguez, eds. *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders, and Related Invertebrates*. John Wiley & Sons, New York. 533-577 p.
- Holling, C. S. 1959. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism. *Can. Ent.* 91: 385-398 p.
- 1959. The Components of Predation as Revealed by a study of Small Mammal Predation of the European Pine Sawfly. *Can. Ent.*, 91, 385-398 p.
- Hosking R. J. 1984. The effect of temperature on the population growth potential of the *Dactylopius austinus* De Lotto (Homoptera: Dactylopiidae) on *Opuntia aurantiace*. *J. Aust. Ent. Soc.* 23: 133-159 pp.
- Hussein , M. Y. and Hagen, K. S. 1991. Reading of *Hippodamia convergens* on artificial diet of chicken liver, yeast and sucrose. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 59(2): 197-199 pp.

Hussen, M. P. and Frodshman, A. C. 1993. Natural enemies of vegetable insect pests. Cooperative, extension, Cornell University. Ithaca, N. Y. 63 pp.

Krebs, Ch. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2ª Ed. Harper and Row. México. 753 pp.

Longo, S. and Rapisarda C. 1997. Pests of cactus pear. Fao. Rome. 100-103 p.

MacGregor, L. y Sampedro R. G. 1984. Catálogo de coccidos mexicanos Familia Dactylopiidae (Homoptera: Coccoidea). Anales del Instituto de Biología. U.N.A.M. México 54. Ser. Zool: 217-233 p.

Marín L. R. y Cisneros F. V. 1977. Biología y morfología de la grana del carmín *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopidae). Rev. Peruana de Entomología. Peru. 46 p.

Méndez, G. S. J., 1994. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopidae) a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, México. 70 pp.

----- 1994. Principales plagas del nopal. 49-57 p. En: Memorias: Aportaciones técnicas y experiencias de la producción de tuna en Zacatecas. Gaston E. F. y Mendez G. S. Eds. Morelos. Zacatecas.

Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of asian citrus psyllid, (Homoptera: Psyllidae) in Florida. Florida Entomologist 84: 608-612 p.

- Michaud, P. J. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestation of asian citrus psyllid, (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomologist* 84: 608-612 p.
- Morón, M. A. y Terrón, R. A. 1988. Entomología práctica. Instituto de Ecología, México, D. F. 188-190 p.
- Murdoch, W. W. and Oaten, A. 1975. Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*. 9. 131 pp.
- Oaten, A. and Murdoch, W. W. 1975. Functional response and stability in predator-prey systems. *Am. Nat* 109: 289-298 p.
- Pérez, G. G. and Kostarab M. 1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Ciccunea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Coasta. Bull. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg. U.S.A. 91 pp.
- Piña L. I., 1977. La grana o cochinilla del nopal. Monografías. No. 1. Publicaciones de los laboratorios nacionales de fomento industrial (LANFI). 55 p.
- Romero, L. B. E., 2000. Identificación, estudio, biología y población de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae) en Bermejillo, Durango. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional de Zona Áridas. Bermejillo, Durango. México. 77 pp.
- Rosignon, J. 1884. Cochinillas: Propiedades físicas y químicas de la materia colorante de la cochinilla del carmín. En: Extracción de los principales colorantes de varias plantas tintoreales de México. Secretaría de Fomento. Mexico. 146-175 p.

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.

Schenk, D. and Bacher, S. 2002. Functional response of a generalist insect predator to ones of its prey species in the field. *Journal of Animal Ecology* 71: 524-531 p.

SIAP. 2002. Avances de siembras y cosechas perennes. Anuario estadístico. (en línea) www.sagar.gob.mx

Strand, M. R., Obrycki, J. J. 1996. Host specificity of insect parasitoids and predators. *Bioscience*. 46: 422-429 p.

Vejar, C. G. 1989. Metodologías en la cría de insectos. Memoria de la práctica profesional. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Instituto Tecnológico de los Mochis, Sinaloa, México. 17-18 p.

Ville. C. A. 1978. Biología. Editorial Interamericana. México. D. F. 803 pp.

Walton, S. 1980. Biocontrol agents prey on pests and pathogens. *BioScience*. 30: 445-447 p.

¹ <http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CNopalSanidad.html>

² http://www.chemkeys.com/esp/md/tee_6/ecoqui_2/inttro_3/inttro_3.htm

³ <http://www.uady.mx/sitios/veterinaria/ofacad/curso.pdf>