



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

---

---

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

**EVALUACIÓN DE *Chilocorus cacti* L. COMO  
AGENTE DEPREDADOR DE *Dactylopius*  
*indicus* Green**

**T E S I S**

(IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS)

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

P R E S E N T A :

**ING. HORACIO OLVERA ÁLVAREZ**

COMITÉ TUTOTAL

DIRECTOR: DR. ANTONIO FLORES MACIAS

ASESOR: DR. HECTÓR CARLOS ÁVILA BELLO

ASESOR: M. en C: JESÚS SANCHÉZ ROBLES

MÉXICO, D. F.

SEPTIEMBRE 2006

<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>1</b>
<b>I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Depredación.....	6
2.2 Capacidad depredadora de los coccinélidos.....	13
2.2.1 Taxonomía.....	15
2.2.2 Morfología.....	15
2.3 Ciclo Biológico.....	16
2.4 Hábitos alimenticios y hospederos.....	17
2.5 La grana como organismo plaga.....	20
2.5.1 Biología y Morfología.....	20
2.5.2 Ciclo Biológico de la grana.....	21
<b>III. OBJETIVOS e HIPÓTESIS.....</b>	<b>22</b>

<b>IV. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 Colecta e identificación.....	23
4.2 Ciclo biológico.....	24
4.3 Respuesta Funcional.....	24
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
5.1 Ciclo Biológico.....	28
5.2 Respuesta Funcional.....	29
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Valores promedio de las variables tiempo total de manipuleo ( $T_{h\ total}$ ), tiempo de búsqueda ( $T_s$ ), capacidad de búsqueda ( $a$ ) y eficiencia de búsqueda ( $E$ ) de <i>Ch. cacti</i> a diferentes densidades de presa ( $N$ ) de <i>D. indicus</i> .....	32
----------	--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tres tipos de respuesta consumo de presas por su depredador. a) Respuesta Funcional tipo I, b) Respuesta Funcional tipo II y c) Respuesta Funcional tipo III.....	11
Figura 2	Estadios de un coccinélido, 1) huevo, 2) larva, 3) pupa y 4) adulto (Fuente: www.angelfire.com 2006).....	16
Figura 3	Ciclo biológico de la grana o cochinilla (Potillo y Viguera, 2003) a) huevo, b) vista dorsal y c) ventral de ninfa I migrante, d) ninfa I establecida, e) muda a ninfa II, g)muda a hembra adulta, h) vista dorsal y i) ventral de hembra adulta, j) capullo de macho, k) vista dorsal y l) ventral de macho.....	21
Figura 4	Ecuación potencial de las presas consumidas observadas y la densidad de presa.....	30
Figura 5	Estimación del valor de $a'$ y $T_h$ utilizando el método no lineal de mínimos cuadrados.....	31
Figura 6	Respuesta funcional observada de <i>Ch. cacti</i> a diferentes densidades de <i>D. indicus</i> .....	33

## Resumen

En condiciones de laboratorio, se estudio la respuesta funcional del coccinélido depredador *Chilocorus cacti* sobre el organismo plaga *Dactylopius indicus*, a una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.3$ , humedad de 22% y fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. El coccinélido mostró una saciedad en consumo a una densidad de presa de 20 individuos de *Dactylopius indicus*, lo cual indica una respuesta funcional de tipo II. Los parámetros estimados a partir de la respuesta funcional sugieren que el coccinélido depredador es más eficiente como organismo de control biológico a densidades de presa bajas.

## Abstrac.

Functional responses of one coccinellidi predator, *Chilocorus cacti*, to *Dactylopius indicus*, at  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.3$  a relative humidity of 22% and fotoperiodo of 12 hours light - 12 hours the dark were studied under laboratory conditions. The coccinellidi showed a functional response type II to the *Dactylopius indicus*. The coccinellidi specie feed maximally at 20 *D. indicus* density then proportion killed declines monotonically with the number of prey. The parameters estimated from the type II functional response model suggest that *C. cacti* can be more effective at suppressing *D. indicus* populations at low densities.

## I. ANTECEDENTES

La “revolución verde” iniciada en 1940, desarrolló un gran número de productos químicos para su aplicación en los sistemas agrícolas con el propósito de proteger a los cultivos de daños causados por insectos (Glick y Pasternak, 1998; Tengerty y Szakács, 1998). La utilización de estos productos ha mostrado que son altamente perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas; además, por su persistencia en el ambiente, favorecen que los insectos plaga sean resistentes a ellos, lo que ha motivado el uso de dosis cada vez mayores o de productos cada vez más tóxicos. Una respuesta a este problema se ha encontrado en el control biológico, definido como la manipulación de los enemigos naturales de los insectos plaga para limitar su población. A estos organismos se les llama agentes de control, entre los que se encuentran insectos depredadores y parásitos (Nuñez, 2000; Asaff *et al.*, 2002).

El nopal es un ejemplo de cultivo en el que se han utilizado tecnologías de la “revolución verde” para luchar contra sus insectos plaga. Es una cactácea originaria del continente americano que se distribuye desde Canadá hasta la República de Argentina; en América del Norte se localizan 92 géneros de los cuales 61 existen en México. De un aproximado de 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea*, 24 son utilizadas en nuestro país para consumos diversos, 15 de ellas como nopal para forraje, seis para tuna y tres para nopal verdura. De ellas, las especies *Opuntia ficus-indica* L., *Opuntia robusta* y la *Nopalea cochellinifera*, existen en las diferentes zonas de producción en nuestro país (Flores *et al.*, 1995). En México, la región nopalera de la Delegación Milpa Alta, DF es la más importante por su extensión en el cultivo del nopal para verdura. En esta región se

producen 276,470 toneladas de nopalitos anualmente, en una superficie de 4336 ha (SAGARPA, 2004) con un rendimiento de 63.762 t ha<sup>-1</sup>. Además contribuye en forma importante en la conservación del suelo y recarga de mantos freáticos (SAGARPA, 2004).

Al igual que otros cultivos, la producción de nopal como monocultivo ha ocasionado que algunos insectos lo dañen seriamente; este es el caso de la grana cochinilla (*Dactylopius indicus*. Green). Se han observado casos de ataque severo en que esta plaga llega a cubrir totalmente las pencas, matándolas en poco tiempo. Las partes afectadas están cubiertas por masas de aspecto algodonoso que al ser presionadas expelen un líquido de color rojo carmín (De la Rosa y Santana, 1998). Las ninfas y adultos hembra succionan la savia de la planta, produciendo en las pencas y los frutos áreas cloróticas, ligeramente hundidas. Este insecto conocido localmente como chahuiztle existía de manera aislada desde los inicios del cultivo del nopal, pero el incremento en superficie y densidad de este último favoreció las condiciones para su reproducción, hasta convertirlo en una plaga que ha ocasionado importantes pérdidas económicas a los productores.

Una de las primeras técnicas que se instrumentaron para su control, fue el cepillado de forma manual, el encalado y el uso de detergentes, con lo que se lograba reducir la población. Posteriormente, como resultado de la “revolución verde”, se inició el uso de insecticidas como el Folidol C.E. 50% (Paration metílico:0,0-dimetil-0, 4-nitrofenil fosforotioato) y el Malatión C.E. 84%,(Malatión: 0,0 dimetil fósforo-ditioato de dietil mercapto succinato), productos tóxicos para humanos y animales (CICOPLAFEST 1995, De la Rosa y Santana 1998, PLM)



El interés en el estudio de los depredadores es indudablemente debido a los efectos secundarios dañinos de los productos químicos y de las intensivas investigaciones en el control integrado y biológico de plagas (Hodek, 1967). Entre los organismos depredadores, los coccinélidos son una alternativa a estudiar como una forma de control biológico de la plaga cochinilla o grana del nopal, ya que se les ha encontrado en forma natural en las plantaciones nopaleras del Valle de México. Considerando que a la fecha no se ha encontrado reportada información sobre la capacidad depredadora de *Chilocorus cacti* L. sobre la grana del nopal, la presente investigación se centró en evaluar la capacidad del coccinélido *Chilocorus cacti* L. como un agente depredador de la grana del nopal.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

La estabilidad ecológica inherente y la autorregulación, características de los ecosistemas naturales, se pierden cuando el hombre simplifica las comunidades naturales a través de la ruptura del frágil tejido de las interacciones a nivel de comunidades. De todas formas, esta ruptura puede ser reparada restituyendo los elementos hemostáticos perdidos en la comunidad a través de la adición o el incremento de la biodiversidad funcional en los ecosistemas agrícolas. Una de las razones más importantes para restaurar y/o mantener la biodiversidad en la agricultura, es el que ésta presta una gran variedad de servicios ecológicos. Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (Altieri, 1994).

Los insectos depredadores se presentan en muchos órdenes, principalmente en los órdenes *Coleóptera*, *Odonata*, *Neuroptera*, *Hymenoptera*, *Diptera* y *Hemiptera*. Los insectos depredadores se alimentan en todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos. Desde el punto de vista de los hábitos alimenticios existen dos tipos de depredadores, los masticadores (ej. Cochinitas, *Coccinellidae*) y escarabajos del suelo (*Carabidae*) los cuales simplemente mastican y devoran sus presas, y aquellos con aparatos bucales succionadores que chupan los jugos de sus presas (ej. chinches asesinos, *Reduviidae*), larvas de crysopa (*Chrysopidae*), larvas de las moscas (*Syrphidae*), etc. El tipo que se alimenta por medio de la succión generalmente inyecta una sustancia tóxica que rápidamente inmoviliza la presa. Muchos depredadores son ágiles, feroces cazadores, y capturan activamente sus presas en el suelo o en la vegetación como lo hacen los escarabajos, las larvas de crysopa y los ácaros, o los cazan en

vuelo, como las libélulas y las moscas de la familia Asilidae (Huffaker y Menssenger, 1976).

## 2.1 Depredación

Badii *et al.* (1999), mencionan que cualquier proceso complejo como la depredación contiene los efectos de un número de variables, la explicación del proceso por consiguiente requiere la descripción precisa de estos efectos o componentes; por ello se debe organizar el análisis de tal forma que se evite poner énfasis solo sobre uno o pocos componentes que en realidad forman solamente una parte de todo el proceso.

Holling (1961), menciona que los siguientes factores afectan la depredación:

1. Densidad de población de la presa,
2. Densidad de población del depredador,
3. Características del medio: número y variedad de dietas alternas,
4. Características de la presa: mecanismos de defensa y
5. Características del depredador: estrategias de ataque.

Los primeros dos factores son los componentes esenciales de la depredación y siempre están en todos los procesos, por lo tanto son componentes básicos; los factores restantes, pueden estar ausentes o presentes por lo que entonces, forman los componentes auxiliares.

Holling (1959), estudió la depredación de mamíferos pequeños sobre la libélula de los pinos, y encontró que la tasa de depredación aumentó al aumentar la densidad poblacional de la presa. De esto, se llegó a lo siguiente:

1. Cada depredador aumentó su tasa de consumo cuando estaba expuesto a una densidad poblacional más alta de la presa, y
2. La densidad de los depredadores aumentó con el aumento de la densidad poblacional de la presa.

Holling consideraba estos efectos como dos clases de respuestas de la población depredadora a la densidad de la presa: la respuesta funcional (1) y la respuesta numérica (2). Solomon (1949), acertadamente propuso dos términos que describen esta doble naturaleza de la depredación, la respuesta funcional, concerniente al consumo de presa, y la respuesta numérica, concerniente a la densidad de depredadores.

De acuerdo con Solomon (1949), la respuesta funcional es igual a la capacidad de depredación, es el cambio en el número de presas consumidas por cada depredador en respuesta a un cambio en la densidad de la presa. Holling (1961), describe la respuesta funcional como el número total de presas muertas por depredador. Para Rocha y Redaelli (2004), la respuesta funcional de un depredador es la relación entre el tamaño de la población de la presa y el número promedio de las presas muertas por unidad de tiempo por un solo depredador.

La respuesta funcional es un componente esencial de cualquier modelo depredador-presa y es un determinante importante de la estabilidad del sistema (Murdoch y Oaten, 1975; Abrams, 1982; Aljetlawi *et al.*, 2004).

La respuesta funcional puede determinarse si un depredador puede regular la densidad de su presa (Murdoch y Oaten, 1975). Para que este sea el caso, la respuesta funcional debe demostrar dependencia de la densidad, es decir el depredador debe responder a densidades más altas de la presa consumiendo una

proporción de aumento de la presa disponible sobre una gama de las densidades de la presa (Schenk y Bacher, 2002).

Existen varios modelos analíticos para describir y predecir los resultados del proceso de depredación. Uno de ellos es el que considera la respuesta funcional (Badii et al., 1999) como un modelo simple lineal, como un modelo basado en la cinética enzimática o como un modelo basado en la búsqueda no aleatoria.

Los modelos de respuesta funcional lineal simple (Tipo I) suponen que el ataque del depredador es lineal en función de la densidad de la presa y no llega a un nivel de asíntota. De entre estos modelos, el sugerido por Holling (1959) sigue siendo el más popular entre los ecólogos. Este modelo a menudo se llama " ecuación del disco " porque Holling utilizó unos discos de papel para simular el área examinada por los depredadores. Matemáticamente, este modelo es equivalente al modelo de la cinética enzimática, desarrollada en 1913 por Lenor Michaelis y Maude Menten (Juliano y Williams, 1987). Este modelo explica el principal supuesto del comportamiento en ecología, asume que un depredador pasa su tiempo en dos tipos de actividades:

1. Buscando su presa
2. Manipulando la presa, lo que incluye la persecución, muerte, consumo y digestión.

La tasa de consumo de un depredador se limita en este modelo, porque incluso si la presa es tan abundante que el tiempo de búsqueda es cero, este tiene la

necesidad de utilizar el tiempo en el manipuleo por lo menos. La ecuación de este modelo es:

$$N_a = a' T_s N_o \text{ donde,}$$

$N_a$  = Número de presas consumidas,

$N_o$  = número inicial de presas,

$a'$  = Tasa instantánea de descubrimiento,

$T_s$  = Tiempo de búsqueda,

Según Hassel *et al.* (1977) la respuesta funcional tipo I no debiera ser aceptada porque cualquier depredador tiene un límite de consumo; por lo que habrá una densidad de presa que exceda la capacidad de consumo del depredador.

Los modelos basados en la cinética enzimática toman en cuenta el tiempo como un factor vital para el proceso de ataque aleatorio y suponen que el número de presas atacadas por un individuo del depredador incrementa monótonamente a una asíntota (respuesta funcional tipo II). A diferencia de la mayoría de los modelos basados en la cinética enzimática, los propuestos por Royamma (1971) y Rogers (1972) suponen que el proceso dura un lapso de tiempo y no es instantáneo. Éste modelo de “depredación al azar” esta representado en la ecuación:

$$N_a = N_o (1 - \exp^{-a' T t + a' T_h N_a}) \text{ donde,}$$

$N_a$  = Número de presas consumidas,

$N_0$  = número inicial de presas,

$a'$  = Tasa instantánea de descubrimiento,

$T_t$  = Tiempo total de exposición de la presa al depredador,

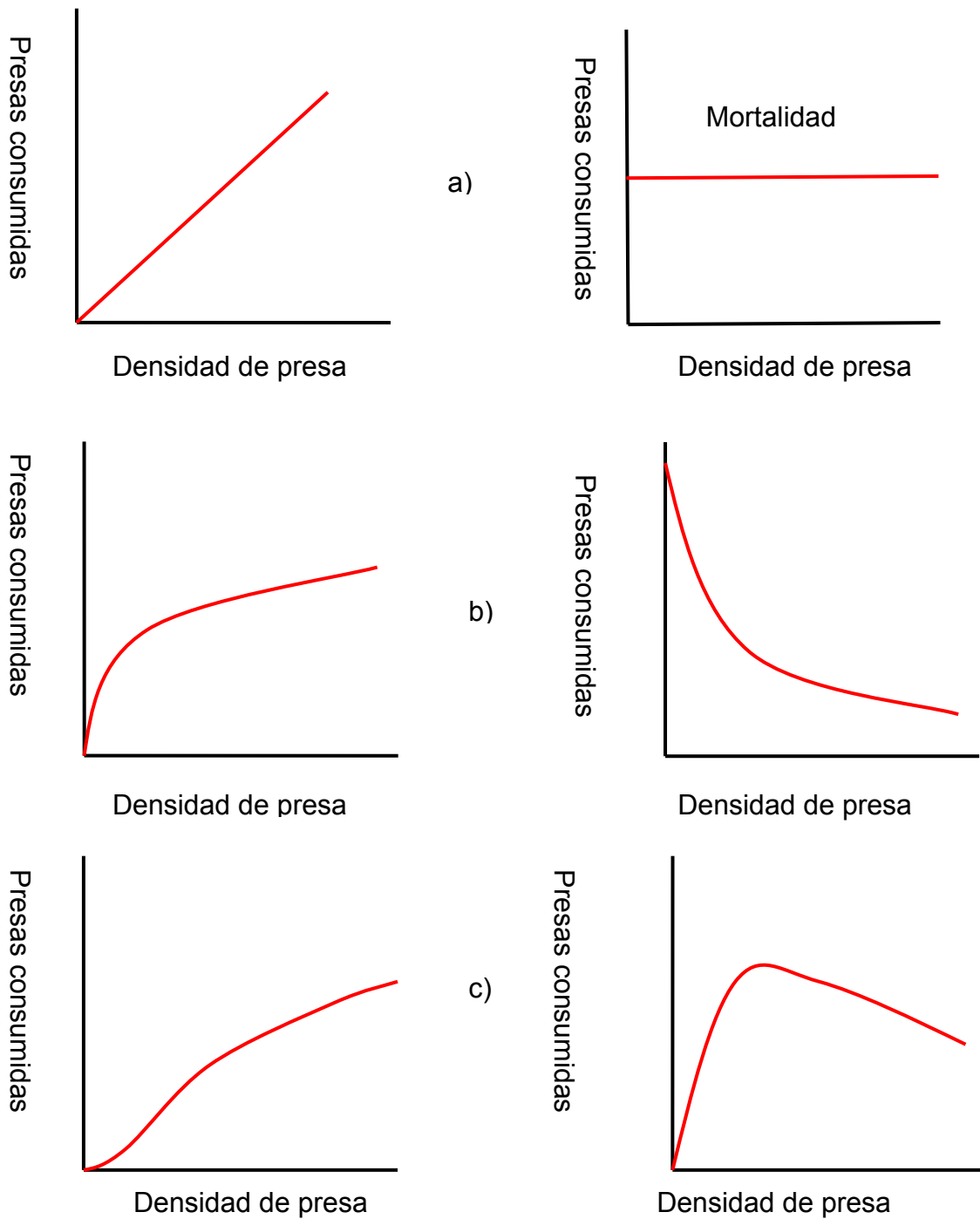
$T_s$  = Tiempo de búsqueda,

Finalmente, los modelos basados en la búsqueda no aleatoria consideran que la búsqueda depende de factores evolutivos como la interferencia mutua o la competencia entre los individuos del depredador cuando están atacando a la población de la presa.

La respuesta funcional del tipo I se encuentra en depredadores pasivos como arañas. El número de las moscas atrapadas 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 de tipo II es la más frecuente en la naturaleza, en la que la tasa de consumo de la presa aumenta con la densidad poblacional de la misma, siendo este aumento progresivamente más pequeño cuanto mayor es la densidad poblacional de la presa, por lo que la tasa de consumo alcanza una meseta y se hace independiente de la densidad de la misma, (Murdoch y Oaten 1975; Collins *et al.*, 1981). Depredadores de este tipo causan máxima mortalidad a densidad bajas de la presa, y esta se da en los depredadores invertebrados (Holling, 1959).

Los tres tipos de respuesta funcional son citados por Collins *et al.* (1981) con base en la descripción de Holling (1959).



**Figura 1.** Tres tipos de respuesta consumo de presas por su depredador. a) Respuesta Funcional tipo I, b) Respuesta Funcional tipo II y c) Respuesta Funcional tipo III



La respuesta funcional del tipo III ocurre en los depredadores que aumentan su actividad de búsqueda con el aumento de densidad de la presa. Por ejemplo, muchos depredadores responden a las queromonas (productos químicos emitidos por la presa) y aumentan su actividad. Los depredadores polívoros vertebrados (ej. pájaros) pueden cambiar a la especie más abundante de presa aprendiendo a reconocerlo visualmente.

La mortalidad primero aumenta con el aumento de la densidad de la presa y en seguida declina. Si la densidad depredadora es constante (ej. los pájaros, los mamíferos pequeños) entonces se puede regular la poblacional de la presa solamente si tiene una respuesta funcional del tipo III, porque en éste tipo de respuesta, la mortalidad de la presa aumenta, al incrementarse la densidad poblacional de la misma. Sin embargo, el efecto de regulación de los depredadores se limita al intervalo de la densidad de la presa donde la mortalidad aumenta. Si la densidad de la presa excede el límite superior de este intervalo, la mortalidad de la población debido a la depredación, comienza a declinar y la depredación causará una regeneración positiva para esta. Consecuentemente, la densidad de la presa saldrá de control. Crecerán en número hasta que algunos otros factores (enfermedades por la escasez del alimento) disminuyan su reproducción, fenómeno que se conoce como "escape de los enemigos naturales".

Murdoch (1971) menciona que la pregunta de cómo la población de un depredador afecta a los diferentes géneros de sus presas, es de interés desde el punto de

vista teórico y práctico. También menciona que el tratar de predecir el comportamiento de un depredador en laboratorio puede darnos datos erróneos, razón por la cual es necesaria la evaluación de las poblaciones en campo, ya que las pruebas de laboratorio no nos proporcionan todos los datos necesarios, pues en estos casos no actúan todos los factores que pueden afectar a la depredación.

## 2.2 Capacidad depredadora de los coccinélidos

Los coccinélidos, conocidos comúnmente en nuestro país como catarinas, vaquitas, conchuelas o mariquitas, representan a un grupo de insectos considerado como benéficos, ya que sus larvas y adultos depredan sobre escamas, áfidos, mosquitas blancas y ácaros fitófagos. También en esta familia se encuentran especies de *Psilloborini*, las cuales han adquirido el hábito poco usual de alimentarse únicamente de esporas e hifas de hongos (Marín, 2003).

(De Bach (1964), citado por Kindlmann y Dixon (2002)), mencionan el famoso caso en el control de la escama algodonosa (*Icerya purchasi* Maskell) por la catarinita *Rodolia cardinalis* (Mulsant). Este éxito excepcional dio lugar a la introducción general y fortuita de los coccinélidos o catarinitas, en el control biológico. Hodek (1967) menciona que el interés en el estudio de los coccinélidos depredadores es indudablemente debido a los efectos secundarios dañinos de los productos químicos y de las intensivas investigaciones en el control integrado y biológico de plagas.

En el orden de los coccinélidos depredadores están los enemigos naturales más importantes de las especies plaga, especialmente mosquita blanca, áfidos, piojo harinoso, escamas y ácaros. El papel natural de los coccinélidos es suprimir

significativamente las poblaciones de estas plagas, pero está mal documentado en muchos programas que han pretendido conservar enemigos naturales. La eficacia de los coccinélidos depredadores en sistemas naturales o manejados es difícil de determinar dada su movilidad y naturaleza típicamente polífaga (Obycki y Kring, 1998).

Si los atributos de un enemigo eficaz se toman como criterios para estimar la eficacia de los coccinélidos como agentes de control de cóccidos, áfidos y ácaros, esta claro que estos solamente tienen algunas de las características requeridas. Su actividad de búsqueda es alta, ocupan todos los hábitats de sus presas, sobreviven bien y son amigables con los cultivos. Smith (1965), citado por Hodek, (1967) menciona que algunas especies pueden ajustar su índice de crecimiento y peso de adulto, según la abundancia de alimento. Hodek (1967) destaca que los coccinélidos son muy buenos coccidófagos o agentes de control de los coccidos debido al potencial de su tasa de incremento, su alta fecundidad, tasa de desarrollo y número de generaciones, por lo que se puede concluir que los coccinélidos pueden controlar perfectamente a los coccidos, pero no son muy buenos para controlar a los áfidos.

La evaluación de la eficacia de los coccinélidos como depredadores implica un muestreo cuidadoso, la interrupción por insecticidas, exclusión experimental, el enriquecimiento de la presa, el marcado, la observación directa y la experimentación del comportamiento. Muchas evaluaciones confían en la correlación de la presa y de las densidades depredadoras, que varían en confiabilidad, particularmente con especies altamente polífagas. Solamente los

métodos de evaluación experimental proporcionan la evidencia tangible del impacto de los coccinélidos depredadores. Se han publicado amplias revisiones de la biología de coccinélidos, pero ninguna se ha enfocado al uso de éstos en el control biológico desde los años 70 (Obycki y Kring, 1998).

### 2.2.1 Taxonomía

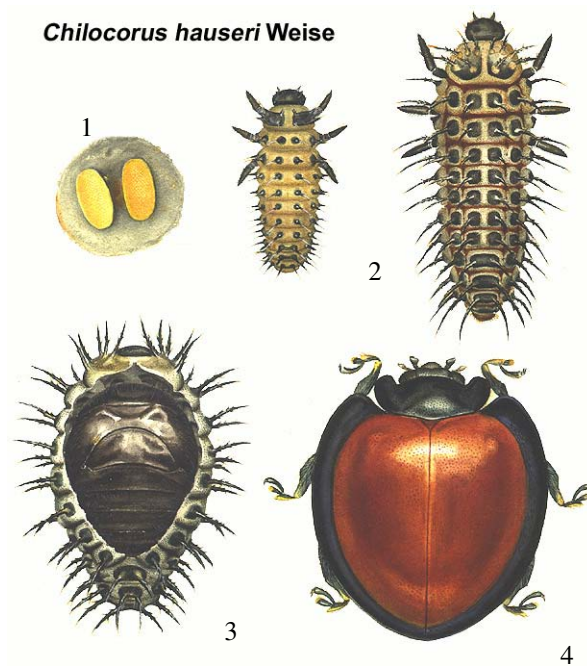
La familia Coccinellidae pertenece a la superfamilia Cucujoidea y está relacionada con las familias Nitidulidae, Cucujidae, Erotylidae, etc. (Borror *et al.*, 1981). Junto con otros grupos de animales, la clasificación de la familia Coccinellidae inició con Linnaeus a mediados de 1700. De 1878 a 1930, Julius Weise publicó una serie de trabajos en los cuales perfeccionó la clasificación de los coccinélidos; y fue el primer taxónomo de coccinélidos que tomó en cuenta los genitales del macho para poder distinguir especies (Gordon, 1985).

### 2.2.2 Morfología

La forma de su cuerpo es redonda, convexa, raramente oblonga, de 0.8 a 10 mm (algunas especies exóticas miden más de 18 mm) de longitud; color generalmente rojo o negro con varias manchas, incluyendo manchas blancas; el cuerpo generalmente es liso aunque existen formas con fina pubescencia. La cabeza se encuentra insertada en el protórax el cual es cuadrado y con la superficie punteada, ojos laterales, moderados, en algunas especies abultados, reniformes o enteros, algunas veces pubescentes, las antenas son de ocho a once segmentos, el labro es corto, transverso; mandíbulas moderadas, fuertemente arqueadas (Arnett, 1968, citado por Marin, 2003).

### 2.3 Ciclo biológico

Los coccinélidos son insectos holometabolos (presentan una metamorfosis completa) y pasan por los siguientes estados biológicos: huevo, cuatro instares larvales, prepupa, pupa y adulto (Hodek, 1973). El ciclo de vida en las diferentes especies de coccinélidos es relativamente corto en todos los casos; sin embargo, estos pueden ser muy largos bajo condiciones adversas de temperatura y alimento, la gran mayoría de las especies requieren de 20 a 35 días para completar su ciclo de vida.



**Figura 2.** Estadios de un coccinélido, 1) huevo, 2) larva, 3) pupa y 4) adulto (Fuente: [www.angelfire.com](http://www.angelfire.com) 2006)

## 2.4 Hábitos alimenticios y hospederos

Hagen (1962), señaló que la diversidad en hábitos alimenticios entre los coccinélidos varía de monofagia a polifagia. Las especies monófagas son pocas, en las que se presenta una relación tan estrecha con su presa como la de un verdadero parasitoide, ya que existen larvas que pueden desarrollarse como un parásito solitario externo.

Gordon (1985), citado por Obrycki *et al.* (2004), menciona que entre los coccinélidos, los *Chilocorinae*, se alimentan de insectos escama homópteros, mientras que los *Coccinellini* son depredadores de áfidos y los *Stethorinae* se han especializado en especies de ácaros fitófagos.

Las larvas de coccinélidos generalmente trozan y succionan el contenido de sus presas cuando son pequeñas; sin embargo, en los últimos estadios toda la presa puede ser consumida de una mordida. La actividad de trozar y chupar está acompañada generalmente por regurgitaciones periódicas del contenido de la presa sobre el cuerpo de la misma. Digestión extra-oral se presenta en *Scymnini*, *Coccinellini*, *Hippodamini* y *Chilocorini* (Hagen, 1962).

Pervez y Omkar (2005) evaluaron a tres especies diferentes de coccinélidos, *Cheilomenes sexmaculata*, *Propylea dissecta* y *Coccinella transversales* (Coleoptera: Coccinellidae), expuestos a diferentes tipos y densidades de presas, observando que presentan una respuesta funcional tipo II, según lo descrito por Holling en la ecuación del disco.

---

Kumar *et al.* (1999) evaluaron a *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) como depredador de *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom., Aphididae) en tres distintas plantas hospederas, obteniendo una respuesta tipo II en cada una de las especies, solo que esta depende de la velocidad con la que se reproducen los áfidos en las plantas.

Işikber (2005) evaluó hembras de los Coccinélicos *Scymnus levaillanti* y *Cycloneda sanguinea* como agentes de control biológico de *Aphis gossypii* a tres diferentes temperaturas. Observaron que a una temperatura menor a 20°C las hembras de *C. sanguinea* presentaba una respuesta tipo III, y al aumentar la temperatura una respuesta tipo II. *S. levaillanti* presentó la respuesta tipo II en las tres diferentes temperaturas.

Omkar y A. Pervez (2003) evaluaron la respuesta funcional de *Propylea dissecta*, sobre *Aphis gossypii*, en laboratorio, obteniendo una respuesta tipo II, según lo descrito por Holling (1959). El aumento en el consumo de presas al aumentar la densidad de esta, se puede atribuir a fenómenos como el tiempo de manipuleo, el nivel de hambre del depredador o las características del área experimental, según lo descrito por O'neil y Stimac (1985, 1988).

Kohno *et al.* (2004) evaluaron la depredación de *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) por un depredador especialista *Antilochus coqueberti* (Heteroptera: Pyrrhocoridae), en condiciones de laboratorio durante 24 horas, en estado ninfal y adulto. El resultado es una respuesta funcional tipo II, ya que al

aumentar la densidad de presa, aumenta el número de presas consumidas hasta llegar a la asintota.

Rocha y Redaelli (2004), evaluaron durante cinco días en condiciones de laboratorio la respuesta funcional de machos y hembras de *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem: Reduviidae), sobre ninfas de *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae). Obtuvieron una respuesta funcional tipo II, observando que las hembras tenían un mayor consumo en relación a los machos, debido a que estas presentan mayor volumen y realizan la oviposición. El tiempo de manipuleo fue menor en las hembras que en los machos.

Gotoh *et al.* (2004) evaluaron tres depredadores de ácaros *Amblyseius californicus* (Acari: Phytoseiidae), *Scolothrips takahashii* (Thysanoptera: Thripidae) y *Stethorus japonicus* (Coleoptera: Coccinellidae) sobre hembras y huevos de *Tetranychus urticae* (forma roja) a tres diferentes temperaturas. Los datos mostraron una respuesta funcional de tipo II.

Faria *et al.* (2004) evaluaron la respuesta funcional de dos distintas especies de larvas *Chrysomya macellaria* y *Chrysomya albiceps*, (Dipt., Calliphoridae), con ocho distintas especies de presas, observando que ambas presentaban una respuesta tipo II según lo descrito por Holling 1959.



## 2.5 La grana como organismo plaga

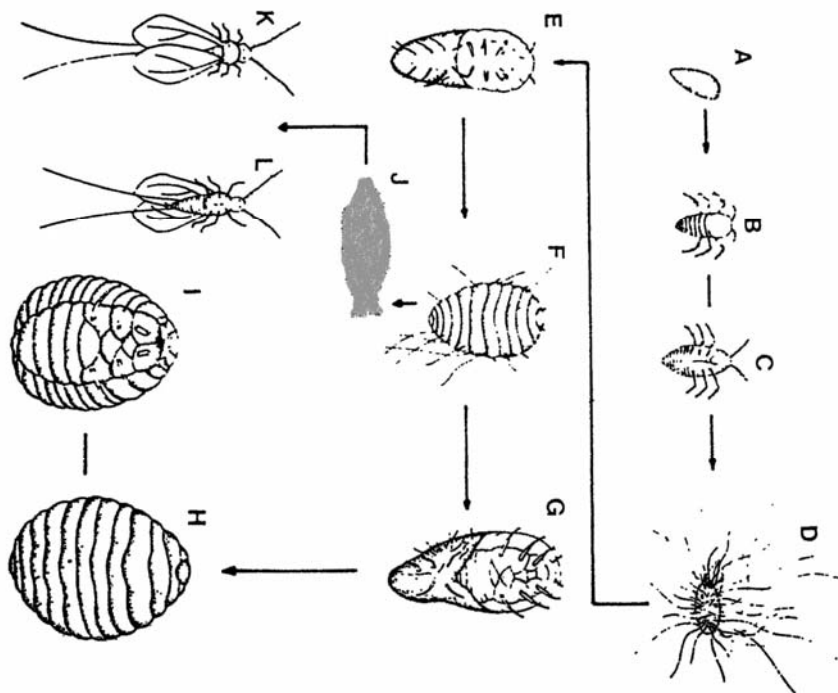
### 2.5.1 Biología y morfología

Dentro del orden de los Homópteros, existe la familia Dactylopiidae, en la que se encuentran nueve especies del género *Dactylopius*, todas nativas de América. La vida de este pequeño insecto transcurre sobre las pencas de varias especies de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, plantas a las que parasitan (Pérez y Becerra, 2001). Cada hembra de grana pone un promedio de 150-160 huevos durante su ciclo, que eclosionan casi inmediatamente, convirtiéndose en ninfas, de las que se puede alimentar su importante enemigo natural *Chilocorus cacti* (Portillo y Viguera, 2003).

En varios insectos se observa que la hembra y el macho son morfológicamente diferentes, esto se conoce como dimorfismo sexual. Montiel (1995) citado por Portillo y Viguera (2003), realizó un trabajo sobre morfología de la grana cochinilla, en el cual se destaca que el dimorfismo que presenta el insecto se debe a que las hembras tiene una metamorfosis hemimetábola (incompleta), en tanto los machos son de metamorfosis holometábola (completa). Los machos presentan alas en su instar adulto, son móviles y de menor tamaño; en tanto que las hembras son ápteras, inmóviles y de mayor tamaño (alrededor de 6mm), de forma oval y están cubiertas de una cera que las protege durante el transcurso de su vida.

### 2.5.2 Ciclo biológico de la grana

La duración del ciclo biológico desde la fase de huevo hasta adulto puede ser desde 90 hasta 128 días, variabilidad que va en función de la temperatura y la humedad; se alarga en climas fríos y se reduce en climas cálidos.



**Figura 3.** Ciclo biológico de la grana o cochinilla (Potillo y Viguera, 2003) a) huevo, b) vista dorsal y c) ventral de ninfa I migrante, d) ninfa I establecida, e) muda a ninfa II, g)muda a hembra adulta, h) vista dorsal y i) ventral de hembra adulta, j) capullo de macho, k) vista dorsal y l) ventral de macho.

### III. OBJETIVOS e HIPÓTESIS

#### 3.1 Objetivo general

1. Evaluar la respuesta funcional de la catarinita (*Chilocorus cacti* L.) sobre la grana o cochinilla (*Dactylopius indicus* Green).

#### 3.2 Objetivos específicos

- 1.1. Identificar taxonómicamente al coccinélido sujeto de estudio.
- 1.2. Conocer el ciclo de vida y fases de crecimiento de ambos insectos.
- 1.3. Conocer la respuesta funcional de *Ch. cacti*.

#### 3.3 Hipótesis de trabajo

*Chilocorus cacti* tiene una respuesta funcional que permitirá disminuir significativamente la población de *Dactylopius indicus* en el cultivo de nopal.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente apartado se presenta la metodología de laboratorio y campo utilizada en la investigación realizada sobre el depredador *Chilocorus cacti* y su presa *Dactylopius indicus*, organismos que fueron recolectados de la zona nopalera de Milpa Alta, Distrito Federal. Una vez realizada la identificación de ambos, hubo una primera etapa bajo condiciones de campo en la que se estudio el ciclo biológico del depredador; en la segunda etapa realizada en laboratorio se estudio la respuesta funcional del mismo.

##### 4.1 Colecta e identificación

Para la obtención del organismo depredador se realizó una colecta al azar en varias parcelas cultivadas con nopal, sobre el que se presentaban altas densidades de presa y depredador. Los especímenes adultos fueron colectados utilizando una aguja de disección para posteriormente introducirlos dentro de frascos Pet de 250 ml, conteniendo alcohol al 70 % como preservador.

La identificación fue realizada en el laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, campo Experimental Bajío, para lo cual se utilizaron las claves taxonómicas descritas por Gordon (1985).

La cochinilla o grana utilizada como presa fue identificada como *Dactylopius indicus* Green (De la Rosa y Santana, 1998; Portillo y Viguera, 2003).

## 4.2 Ciclo biológico

De los individuos colectados se utilizaron 22 adultos del depredador (11 machos y 11 hembras) que con la finalidad de evitar su dispersión, se introdujeron en una jaula de 3.5 x 1.8m de lado y altura de 2m, hecha con estructura de madera y cubierta con tela de organza. Los organismos y la estructura fueron colocados en una nopalera infestada con grana o cochinilla.

Para diferenciar las hembras de los machos del género *Chilocorus* se observó la coloración del labro (labio superior que cubre el aparato bucal de los insectos); en los machos es de color café oscuro y en las hembras es negro, además que la coloración de la cabeza de la hembra es totalmente. Para poder observar éstas características se utilizó un microscopio estereoscópico. Con la finalidad de facilitar esta diferenciación de sexo, se recolectaron adultos que estuvieran apareándose.

## 4.3 Respuesta Funcional

El experimento se desarrolló en el laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. La colecta del depredador se realizó a partir de 60 pupas no emergidas de *C. cacti*. Hasta su emergencia, éstas se colocaron en una cámara de crecimiento marca Fisher en la que se mantuvo la temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.3$  una humedad relativa de 22 % y un fotoperiodo de 12 horas luz – 12 horas oscuridad.

Cada adulto emergido se colocó en un recipiente de plástico transparente con diámetro de 7cm y altura de 8.5 cm. Los recipientes fueron colocados dentro de

---

una cámara de crecimiento marca Fisher a una temperatura promedio  $23 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , 22% de humedad relativa (hr), y a un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Cada individuo fue sometido a un ayuno durante 72 horas con la finalidad de homogenizar su apetito, para posteriormente introducir las presas.

Hembras de *D. indicus* con una coloración blanca, como indicador de que estuvieran vivas, fueron colocadas dentro de los recipientes de plástico que contenían al depredador. En cada recipiente se introdujeron las densidades de 1, 10, 20, 30, 40 y 50 hembras de *D. indicus*. Cada uno de los cinco tratamientos tuvo diez repeticiones. Durante cinco días, cada 24 horas se registró el número de hembras consumidas, para lo cual se utilizó un microscopio estereoscópico Olympus TL3 con un aumento de 110 al 2x. Después de cada observación los recipientes se limpiaban y se colocaba nuevamente el depredador y las densidades originales de la presa (González, 1995; Omkar and Pervez, 2004; Omkar and James, 2004; Rocha and Redaelli, 2004; Aljetlawi *et al.*, 2004). El tiempo total (Tt) usado en este estudio fue de 24 horas.

La eficiencia de búsqueda (E) del depredador fue calculada utilizando la siguiente formula:

$$E = N_a / N_o \text{ donde}$$

$N_a$  = Número de presas consumidas,

$N_o$  = número inicial de presas,

Para la determinación de la respuesta funcional se utilizó la ecuación de “depredación al azar” propuesta por Royamma (1971) y Rogers (1972) que

suponen que el proceso dura un lapso de tiempo, no es instantáneo y con densidades de presa que disminuyen significativamente.

$$N_a = N_o (1 - \exp^{-a'Tt+a'ThNa}) \text{ donde,}$$

$N_a$  = Número de presas consumidas,

$N_o$  = número inicial de presas,

$a'$  = Tasa instantánea de descubrimiento,

$T_h$  = Tiempo de manipuleo,

$T_t$  = Tiempo total de exposición de la presa al depredador,

$T_s$  = Tiempo de búsqueda,

Para la determinación de los valores de  $N_a$  se calculó el tiempo de manipuleo ( $T_h$ ) y la tasa instantánea de descubrimiento ( $a'$ ) mediante la regresión lineal de  $Y$ , donde:

$$Y = \ln((N_o - N_e)/N_o)$$

En la ecuación de regresión lineal mencionada el valor de  $a'$  es igual al intercepto/ $T_t$ ; mientras que  $T_h$  es igual a la pendiente / $a'$ .

Una vez determinado el valor de  $T_h$  se calcularon los valores de  $T_{h \text{ total}}$ ,  $T_s$ ,  $N_a$  máximo con las siguientes ecuaciones:

$$T_{h \text{ total}} = T_h N_a$$

$$T_s = T - T_{h \text{ total}}$$

$$N_a \text{ máximo} = T / T_h$$

$$a = N_a / (NT_s)$$

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y posterior prueba de medias (Tukey  $\leq 0.05$ ).



## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Ciclo Biológico

El estudio de campo sobre el ciclo biológico del depredador muestra que el depredador es de vida libre, y presenta los estados huevo, larva, pupa y adulto descritos a continuación:

- Huevo. Es de forma oval, de coloración naranja. A diferencia de lo mencionado por Hagen (1962), quien menciona que la tribu Chilacorini oviposita en grupos de 10 y en las exuvias abandonadas, las observaciones realizadas durante el experimento mostraron que *Ch. cacti* deposita los huevos en forma individual o en grupos de hasta cuatro. La oviposición generalmente es realizada en grietas entre los cladodios viejos; en algunos casos se observó la oviposición en telarañas abandonadas que se encontraban en la parte baja de las pencas. Después de 24 h comienza a tornarse de un color más rojizo y finalmente eclosiona a las 72 h. Las observaciones concuerdan con lo descritos por Dixon (2000).
- Larva. Presenta un color grisáceo con una línea naranja en la parte media del cuerpo y pubescencia que es característica del género, muestra un sistema bucal bien desarrollado. Antes de realizar la metamorfosis se fijan de la parte anal en los cladodios, quedando de cabeza durante un periodo que dura entre 12 y 15 días, tiempo que concuerda con lo descrito por Dixon (2000) y Hagen (1962).
- Pupa. Está parcialmente cubierta, ya que el organismo permanece dentro de ella. Presenta hendiduras transversales en la parte dorsal y al avanzar la

metamorfosis comienza a abrirse por la mitad hasta quedar completamente al descubierto. Este estadio lo realizan en forma agrupada o solitaria y no se observó alguna preferencia de ubicación en cuanto al estrato del cultivo. Su duración es generalmente de 8 días.

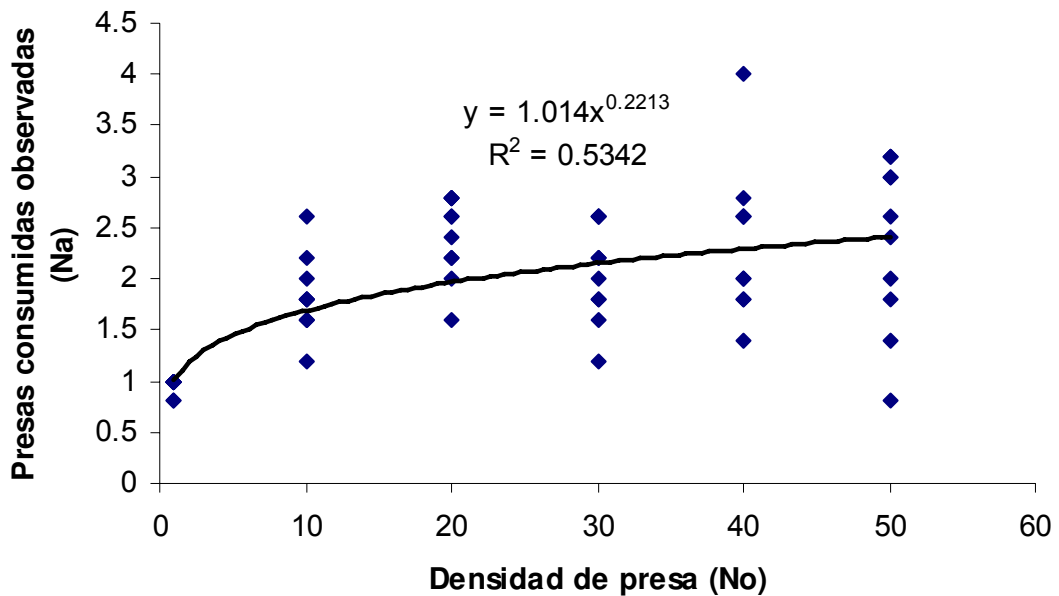
- Adulto. Cuando emergen los élitros de los adultos son blandos, de una coloración rosada opaca. Después de tres horas comienzan a tornarse oscuros y a delimitarse las áreas de las manchas; generalmente después de 6 h los adultos ya presentan la coloración negra con manchas de tonalidad rojo-naranja en cada élitro, características de la especie. Este periodo puede durar entre 60 a 90 días.

Durante el tiempo que duro el estudio del ciclo biológico se presentaron temperaturas máximas de hasta 43 °C y temperaturas mínimas de 7°C. Durante éstas últimas, se observó que la duración de los diferentes estadios se alargaba, lo que indicaba que su actividad metabólica disminuía considerablemente. Ésta información concuerda con la reportada en la literatura en la que se menciona, que para estas familias, las temperaturas como las humedades relativas altas afectan considerablemente su desarrollo (Hagen, 1962).

## 5.2 Respuesta funcional

El número de presas consumidas observadas mostró una regresión polinomial de segundo grado ( $p \leq 0.01$ ). La tendencia muestra una aceleración en el consumo hasta la densidad de 10, después de la cual el consumo disminuye. A partir de este punto, no existe diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.01$ ) con respecto a

las densidades comprendidas entre 10 y 50. Ello indica que a partir de la densidad de presa de 10, en la que depredador mostró una disminución en su consumo, ocurre un cambio que sugiere una respuesta funcional de tipo II (Figura 4).

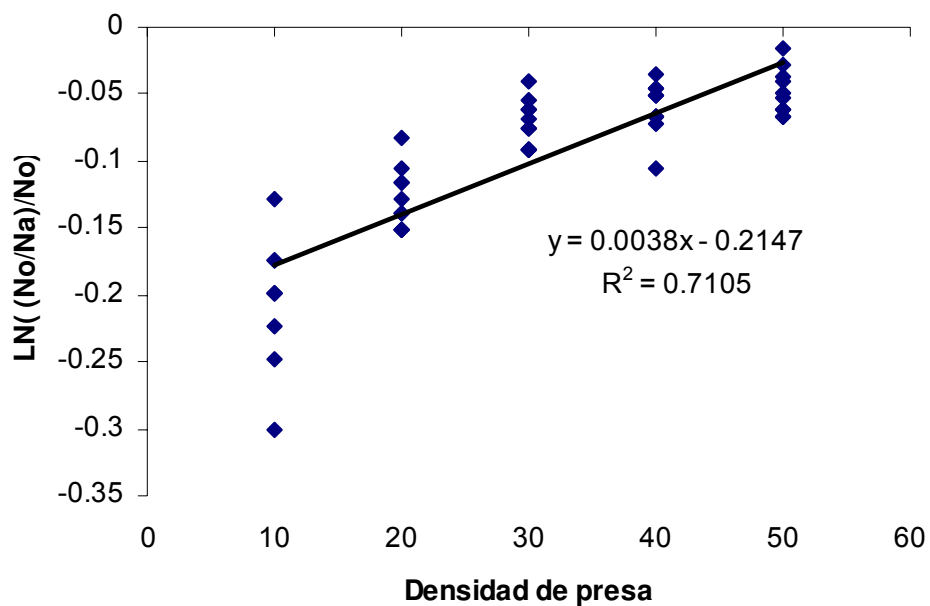


**Figura 4.** Ecuación potencial de las presas consumidas observadas y la densidad de presa.

A partir del análisis de regresión (Figura 5) se obtuvieron los valores de 0.4248 h para  $T_h$  y de 0.0089 h para  $a'$ .

El valor obtenido de  $T_{h\ total}$  para la densidad de 1 fue significativamente menor ( $p \leq 0.01$ ) que el encontrado entre las densidades de 10 y 50. El valor de  $T_s$  fue significativamente superior para la densidad de 1 en comparación con los obtenidos para las densidades comprendidas entre 10 y 50. Ello indica que *Ch. cacti* utiliza menos tiempo total de manipuleo a la densidad inicial; sin embargo el tiempo invertido en la búsqueda es mayor. Un comportamiento similar fue

reportado para el depredador *C. nigroannulatus* sobre *Spartocera dentiventris* (Rocha y Redaelli, 2004); contrario a este comportamiento, el depredador *Rhynocoris fuscipes* utiliza menos tiempo de manipuleo al incrementarse la densidad de presa *Spodoptera litura* (Ambrose y Claver, 1977). El tiempo de manipuleo modifica el tipo de respuesta funcional: entre menor sea este tiempo, más rápidamente la curva alcanzará la asintota (Nordlund y Morrison, 1990).



**Figura 5.** Estimación del valor de  $a'$  y  $T_h$  utilizando el método no lineal de mínimos cuadrados.

La capacidad de búsqueda ( $a$ ) y la eficacia de búsqueda ( $E$ ) mostraron una diferencia altamente significativa entre las densidades de presa. Se observó un comportamiento lineal entre las densidades 1- 20; para posteriormente presentarse una asintota que ya no muestra esa diferencia entre las densidades 30-50. Lo anterior demuestra que la capacidad y eficacia de búsqueda de *Ch. cacti*

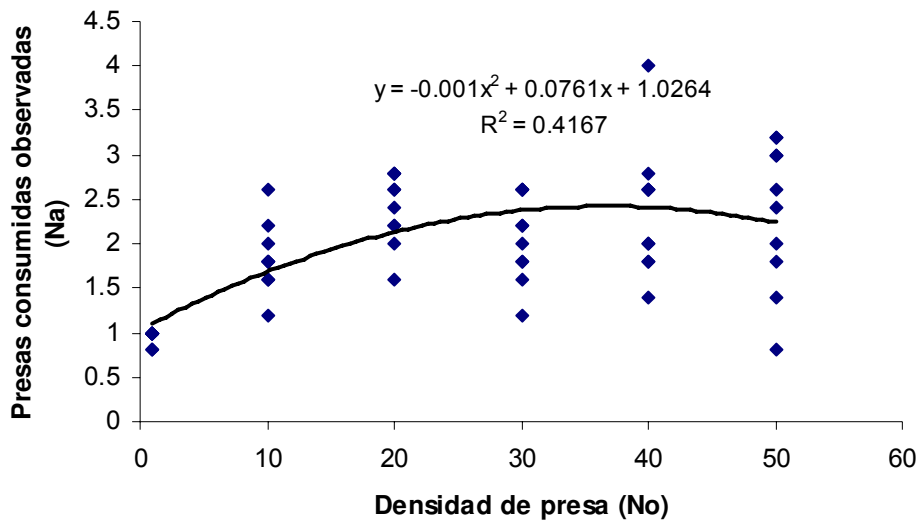
disminuye en respuesta a un incremento en el número de presas hasta que la curva alcanza la asíntota. Comportamientos similares han sido observados para depredadores como *R. Fuscipes* (Ambrose y Claver, 1995), *Podisus conexus* (Hemiptera: Pentatomidae) (Saini *et al.*, 1997).

**Cuadro 1.** Valores promedio de las variables tiempo total de manipuleo ( $T_{h\ total}$ ), tiempo de búsqueda ( $T_s$ ), capacidad de búsqueda ( $a$ ) y eficiencia de búsqueda ( $E$ ) de *Ch. cacti* a diferentes densidades de presa ( $N$ ) de *D. indicus*.

Densidad presa	Presas consumidas observadas	$T_{h\ total}$	$T_s$	$a$	$E$
1	0.96 <sup>a</sup>	0.404 <sup>a</sup>	23.59 <sup>a</sup>	0.040 <sup>a</sup>	0.960 <sup>a</sup>
10	1.84 <sup>b</sup>	0.781 <sup>b</sup>	23.21 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.184 <sup>b</sup>
20	2.06 <sup>b</sup>	0.872 <sup>b</sup>	23.12 <sup>b</sup>	0.005 <sup>c</sup>	0.120 <sup>c</sup>
30	2.34 <sup>b</sup>	0.992 <sup>b</sup>	23.00 <sup>b</sup>	0.003 <sup>d</sup>	0.069 <sup>d</sup>
40	2.36 <sup>b</sup>	1.000 <sup>b</sup>	23.00 <sup>b</sup>	0.002 <sup>d</sup>	0.062 <sup>d</sup>
50	2.40 <sup>b</sup>	1.018 <sup>b</sup>	22.98 <sup>b</sup>	0.002 <sup>d</sup>	0.047 <sup>b</sup>

Medias con diferente letra dentro de cada columna presentan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ )

La respuesta funcional estimada mediante el modelo de depredación al azar se presenta en la Figura 6. Como se aprecia en esta figura, la respuesta depredadora de *Ch. cacti* a las diferentes densidades de presa de *D. indicus* fue de tipo hiperbólica, manifestándose diferentes niveles de consumo a cada densidad.



**Figura 6.** Respuesta funcional observada de *Ch. cacti* a diferentes densidades de *D. indicus*.

## VI. CONCLUSIONES

- ❖ La pendiente de la curva de la respuesta funcional de *Ch. cacti* de los valores observados y estimados fue positiva, lo cual es una condición necesaria, pero no suficiente para que regule una población de presas.
- ❖ La respuesta funcional que presenta *C. cacti* a la temperatura de 23°C muestra las características del tipo II. Este resultado pudiera variar si se incrementa o disminuye el valor de temperatura a la cual se realiza el estudio de respuesta funcional.
- ❖ A la temperatura de 23°C el depredador estudiado mostró una capacidad de saturación en consumo a la densidad de presa de 20. A densidades más altas, el depredador no respondió consumiendo una mayor proporción de la presa disponible sobre la gama de las restantes densidades de presa. Debido a que la tasa de consumo del depredador alcanzó una meseta y se hizo independiente a la densidad de 20, éste tiene las características para causar máxima mortalidad a densidad bajas de la presa.
- ❖ Es necesario evaluar el comportamiento del depredador *C. cacti* en campo, para estudiar su capacidad depredadora en condiciones naturales y conocer como afectan los elementos externos (climáticos y biológicos) en su respuesta funcional.

---

## VII. LITERATURA CITADA

- Abrams A. Peter. 1982, Functional Responses of Optimal Foragers. The American Naturalist. Vol. 120, no. 3, p. 382 – 390. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici>
- Aljetlawi, Albashir A., Sparrevik, Erik and Kjell Leonardsson. 2004. Prey-predator size-dependent functional response derivation and rescaling to the real world. Journal of Animal Ecology. Vol. 72, p. 239 – 252.
- Allahyari, H., Fard P. A. and Nozari, J. 2004. Effects of host on functional response of offspring in two populations of *Trissolcus grandis* on the sunn pest. Journal Appl. Ent. Vol. 128, p. 39 – 43.
- Altieri, M.A. 1994. Biodiversity and Pest Management in Agro-ecosystems, (Food Products Press, New York).
- Ambrose D.P. y Claver, M.A. 1995. Functional responses of *Rhynocoris fuscipes fabricius* (Heteroptera: Reduviidae) to *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). J. Biol. Control., 9: 74-77.
- Ambrose D.P. y Claver, M.A. 1997. Functional and numerical responses of the reduviit predator *Rhynocoris fuscipes* F. (Het., Reduviidae) to cotton leafworm *Spodoptera litura* F. (Lep., Noctuidae). J. App. Entomol., 121:333-336.
- Asaff, TA., V.Y. Reyes, L.E. López, M.M. De la Torre. 2002. Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. En Avance y Perspectiva 21:291-295. (CINVESTAV, IPN).
- Badii, M.H., Flores, A. E., Ponce, G., Quiróz, H., Foroughbakhch, R., Torres, R., García, J.A., López, J.H., 2003. Papel de la depredación en el Control



---

Biológico. En Memorias del Curso Nacional de Control Biológico, XXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Guadalajara Jalisco. México.

Borror, D.J., D.M. DeLong, and C.A. Triplehorn. 1981. An Introduction to the study of insects. Fifth Edition. Holt, Rinehart and Winston. New York. 827 pp.

Catalogo Oficial de Plaguicidas. 1996. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Toxicas, (CICOPLAFEST), México.

Collins, M. D., Ward, S. A. and Dixon A. F. G. 1981. Handling time and the functional response of *Aphelinus thomsoni*, a predator and parasite of the aphid *Drepanosiphum platanoidis*. Journal of Animal Ecology, vol. 50, no. 2, p. 479 – 487. Stable URL : <http://links.jstor.org/sici>

De la Rosa H. J. P. y Santana A. D. 1998. El Nopal, Usos, manejo agronómico y costos de producción en México. CONAZA-UACH-CIESTAAM, México.

Diccionario de Especialidades Agroquímicas, PLM, 1993. 13ª edición. México.

Dixon, AFG. 2000. Insect Predator-prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control. New York: Cambridge Univ. Press. 257 p.

Faria, L. D. B., Godoy, A. C. and Trinca L. A. 2004. Dynamics of handling time and functional response by larvae of *Chrysomya albiceps* (Dipt., Calliphoridae) on different prey species. J. Appl. Ent. Vol. 128. p. 432 – 436.

Flores, C.A., J. M. De Luna, P.P. Ramírez, 1995. Mercado Mundial del Nopalito. ASERCA-CINVESTAAM-UACH. Edo. De México. 145 pp.

- Glick, B. y J. Pasternak. 1998. Microbial insecticides. In Molecular biotechnology. American Society for Microbiology Editors. Washington DC. USA 377-378 pp.
- González, H.H., Pandey R.R. Johnson, M.W. 2005. Biological characteristics of adult *Anagyrus ananatis* Gahan (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological Control*. vol. 35, p. 93 – 103.
- Gotoh, Tetsuo, Nozawa, Mitsuyoshi and Yamaguchi Koichi. 2004. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. *Appl. Entomol. Zool.* Vol. 39, no. 1, p. 97 – 105.
- Gordon, R.D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of México. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 93: 1-912.
- Hagen, K.S. 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Ann. Rev. Entomol.* Vol. 7, p. 289-326. [on line], Disponible en: <http://www.AnnualReviews.org>.
- Hassell, M.P., Lawton, J.H. and Beddington J.R. 1977. Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. *J. Anim. Ecol.* 46, 249 – 262.
- Holling C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist*. Vol. 91. p. 385 – 398.
- Holling C.S. 1961. Principles of insect predation. *Annu. Rev. Entomol.* Vol. 6, p. 163 – 182. [on line], Disponible en: <http://www.AnnualReviews.org>.

- Hodeek, I. 1967. Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. Annu. Rev. Entomol. Vol. 12, p. 79 – 104. [on line], Disponible en: <http://www.AnnualReviews.org>.
- Hoodek, I. 1973. Biology of Coccinellidae. The Hague, Holland. 296 pp.
- Huffaker, C. E., Messenger P. S. y DeBach P.. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. Biological Control. Plenum Press. New York London: 16-17.
- Işikber, Ali Arda. 2005. Functional response of two Coccinellid predators, *Scymnus levallanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the cotton aphid, *Aphis gossypii*. Turk. J. Agric. For. Vol. 29, p. 347 – 355.
- Kindlmann P. and Dixon A.F.G. 2002. Insect Predator-Prey dynamics and the biological control of Aphids by Ladybirds, 1st. International Symposium on Biological Control of Arthropods, pp. 118 – 124.
- Kohno K., Ngan Thi Bui, Fujiwara M. , 2004. Predation of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) by the specialist predator *Antiloclus coqueberti* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). Appl. Entomol. Zool. 39 (4): 661 – 667.
- Kumar, A., Kumar, N., Siddiqui, A. and Tripathi C. P. M. 1999. Prey - predator relationship between *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom., Aphididae) and *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae). II. Effect of host plants on the functional response of the predator. J. Appl. Ent. Vol. 123, p. 591 – 601.
- Marín Jarillo, Antonio, 2003. Introducción a Coccinellidae ( Coleoptera), Memorias del Curso-Taller “Identificación y Aprovechamiento de Depredadores en Control Biológico: Chrysopidae y Coccinellidae”. Guadalajara, Jalisco, México. Noviembre 3 – 5.

William W. Murdoch, 1971. The Developmental Response of Predators to Changes in Prey Density Ecology, Vol. 52, No. 1, pp. 132-137. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici>

Murdoch W. William and Oaten Allan. 1975. Functional response and stability in predator-prey systems. The American Naturalist, vol. 109. (May- Jun.), p. 289-298. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici>

Noudlund, D.A. and Morrison, R.K., 1990. Handling time, prey preference, and functional response for *Chrysoperla rubilabris* in the laboratory. Entomol. Exp. App., 57: 237 – 242.

Núñez, M.A. 2000. Manual de técnicas agroecológicas. En: Serie Manuales de educación y capacitación ambiental. Ed. FAO. México 70-80.

Obrycki J. John and Kring J. Timothy. 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. Annu. Rev. Entomol. vol. 43, p. 295 – 321, [on line], Disponible en: <http://www.AnnualReviews.org>.

Obrycki J. John, Tauber J. Maurice, Tauber A. Catherine and Ruberson R. John, 2004. Prey specialization in insect predators, biological control, theory and application. Disponible en: Radecliffe's IPM World Textbook. <http://ipmworld.umn.edu./chapters/obrycki.htm>

Omkar and James B. E. 2004. Influence of prey species on immature survival, development, predation and reproduction of *Coccinella transversalis* Fabricius (Col., Coccinellidae). J. Appl. Ent. Vol. 128, p. 150 – 157.

Omkar and Pervez A. 2004. Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). J. Appl. Ent. Vol. 128 p. 140 – 146.

- O'Neil, R.J. Stimac, J.L. 1988. Model of arthropod predation on Velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in soybeans. *Environ. Entomol.* 17, 983 – 987.
- Pérez, S. M. y Becerra, R. 2001. La Cochinilla, BIODIVERSITAS, Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Mayo. Año 6, no. 36, p. 1 – 8.
- Pervez Ahmad and Omkar. 2005. Functional responses of coccinellid predators: An illustration of a logistic approach. *Journal of Insect Science*. Vol. 5, no. 5. p. 1 – 5. Available on line: <http://insectscience.org/5.5>
- Portillo, L. y Viguera, A.L. 2003. Cria de Grana Cochinilla, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Dep. de Botánica y Zoología. Lab. De Biotecnología.
- Rocha, L. da and Redaelli, L. R. 2004. Functional response of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem.: Reduviidae) to different densities of *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae) nymphae. *Braz. J. Biol.*, Vol. 64, no. 2, p. 309 – 316.
- Rogers, David. 1972. Random search and insect population models. *The Journal of Animal Ecology*, vol. 41, no. 2, pp. 369 – 383. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici>
- Royama, T. 1971. A comparative study of models for predation and parasitism. *Researches in Population Ecology*. Supplement. I
- SAGARPA, 2004. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en los Estados Unidos Mexicanos. México. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx>

- Saini, E., Quntana, G, Grondona, M y Alvarado L. 1997. Respuesta funcional de *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae) a la densidad de larvas de *Anticarsia gemmatalis* larvae (Lepidoptera: Noctuidae). Rev. Soc. Entomolog. Argent., 56:91-95.
- Solomon M. E. 1949. The Natural Control of Animal Populations. Journal of Animal Ecology. Vol. 18, p. 1 – 35.
- Smith, B.C., 1965. Effect of food on some aphidophagous Coccinellidae. In: Hodek, I (Ed.) Ecology of Aphidophagous Insects, Academia, Prague, pp. 75 – 81.
- Tengerdy, P.R. y G. Szakács. 1998. Perspectives in agrobiotechnology. Rev. Biotechnology 66: 91-99.