



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

BIOLOGÍA Y RESPUESTA FUNCIONAL Y NUMÉRICA DEL
DEPREDADOR *Chilocorus* spp. (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) ASOCIADO AL CULTIVO DE NOPAL
VERDURA EN MILPA ALTA, MÉXICO D.F.

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL



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

PRESENTA:

EVERT VILLANUEVA SÁNCHEZ

Chapingo, México, Diciembre del 2007.

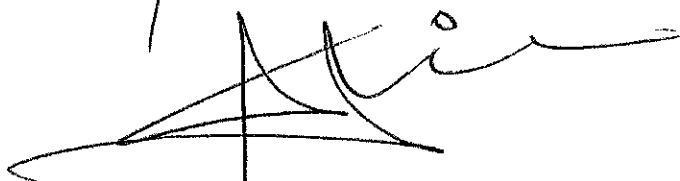


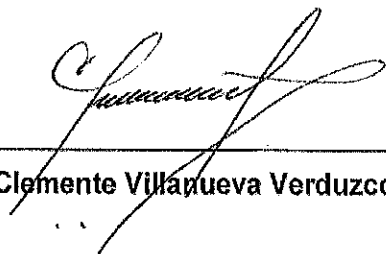
BIOLOGÍA Y RESPUESTA FUNCIONAL Y NUMÉRICA DEL DEPRDADOR
***Chilocorus* spp. (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) ASOCIADO AL**
CULTIVO DE NOPAL VERDURA EN MILPA ALTA, MÉXICO D.F.

Tesis realizada por Evert Villanueva Sánchez 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. Clemente Villanueva Verduzco

Chapingo, México a 11 de Diciembre de 2007.

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Datos Generales

Nombre: Villanueva Sánchez Evert

Lugar de nacimiento: México, D.F.

Fecha de nacimiento: 12 de Junio de 1983

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola

Formación Académica

PRIMARIA

Nombre de la institución: Escuela Primaria "Juan Ruiz de Alarcón"

Lugar: Texcoco, Estado de México

Periodo: 1989-1995

SECUNDARIA

Nombre de la institución: Escuela Secundaria No. 0241 "Juan Ruiz de Alarcón"

Lugar: Texcoco, Estado de México

Periodo: 1995-1998

PREPARATORIA

Nombre de la Institución: Universidad Autónoma Chapingo

Lugar: Chapingo, Texcoco, Estado de México

Periodo: 1998-2001

LICENCIATURA

Nombre de la Institución: Universidad Autónoma Chapingo

Lugar: Chapingo, Texcoco, Estado de México

Periodo: 2001-2005

Tema de Tesis: Capacidad depredadora de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de *Tetranychus urticae* Koch (Acarida: Tetranychidae), bajo condiciones de laboratorio en Chapingo, México.

SERVICIO SOCIAL

Tema: "Contribuciones a un sistema intensivo de producción de germinados inocuos y orgánicos de alfalfa en invernadero, en Chapingo, México".

Institución: Universidad Autónoma Chapingo.

Lugar: Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Periodo: 03 de Noviembre del 2003 al 30 de Abril del 2004.

ESTANCIA PROFESIONAL

Lugar: Laboratorio de Sanidad de Semillas del CIMMYT, en el Batán Texcoco, Estado de México.

Periodo: 10 de Enero del 2004 al 1° de Marzo del 2005.



AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Chapingo por la oportunidad de enriquecer mis conocimientos.

Al Departamento de Parasitología Agrícola, por darme la oportunidad de continuar mi formación académica en sus aulas.

A los integrantes de mi Comité Asesor: Dr. Samuel Ramírez Alarcón, Dr. Víctor Manuel Pinto y Dr. Clemente Villanueva Verduzco, por su acertada asesoría en el presente trabajo de investigación, su confianza y amistad.

A todos los profesores de la Maestría en Protección Vegetal que formaron parte importante en mi formación académica.

A mis compañeros y amigos de estudio: Ing. Marin, Ing. Cundapí, Ing. Iván, Ing. Belén, Ing. Zenón, Ing. Miriam, Ing. Milthon, por la amistad y gratos momentos que compartimos.

A la Biol. Amalia Pérez Valdéz: por su apoyo, confianza y su valiosa amistad.

Al Sr. Orlando, por haberme brindado su apoyo durante la colecta de material de campo.

A Mary: por su apoyo y amistad.

A mis amigos del Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Preparatoria Agrícola.

A mis profesores, amigos y compañeros del grupo de Danza Folklórica Nésti, del Centro Cultural Regional Texcoco, por su incondicional apoyo y gran amistad.

A todos mis amigos por la ayuda y comprensión en los momentos difíciles.

DEDICATORIA

A DIOS por brindarme la oportunidad de vivir y rodearme de personas que me aman.

A MIS PADRES

**Irma Sánchez Cabrera y
Clemente Villanueva Verduzco**

Por su infinito amor, cariño, confianza y agradecimiento eterno. Quienes me han inculcado principios y valores, que gracias a ellos, culmino otra etapa de mi vida. Gracias por creer en mí.

A MI HERMANO

Néstor Villanueva Sánchez

Por todos los momentos que hemos vivido juntos, por ser una persona tan inteligente, noble y comprensiva.

**A TODA MI FAMILIA DE NAYARIT,
GUANAJUATO, JALISCO Y PUEBLA**



ÍNDICE

	Pág.
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	lii
INDICE DE APÉNDICES	vii
RESUMEN	viii
SUMMARY	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 EL NOPAL (<i>Opuntia</i> spp.)	4
2.1.1 Origen y Distribución	4
2.1.2 Clasificación Taxonómica	4
2.1.3 Importancia	5
2.1.4 Usos	7
2.1.5 Plagas y Enfermedades	8
2.2 LA GRANA COCHINILLA (<i>Dactylopius</i> spp.)	10
2.2.1 Origen y Distribución	10
2.2.2 Clasificación Taxonómica	11
2.2.3 Características Generales	12
2.2.4 Morfología	12
2.2.5 Biología y Comportamiento	15
2.2.6 Presencia del ácido carmínico en el cuerpo del insecto	17
2.2.7 Daños en la planta hospedante	18
2.2.8 Enemigos Naturales de la grana <i>Dactylopius indicus</i>	18
2.3 LOS COCCINÉLIDOS	19
2.3.1 Enemigos Naturales de los Coccinélidos	20
2.3.2 Género <i>Chilocorus</i> Leach	21
2.3.2.1 Descripción Morfológica	21
2.3.2.2 Biología y Hábitos	22
2.3.3 <i>Chilocorus cacti</i> L.	23
2.3.3.1 Clasificación Taxonómica	23
2.3.3.2 Descripción Morfológica	24
2.3.3.3 Biología	25
2.3.3.4 Capacidad Depredadora	25
2.4 CONTROL BIOLÓGICO	25
2.4.1 Definición	25
2.4.2 Estrategias del Control Biológico	25
2.4.3 Estudios Básicos	27

2.4.4 Interacciones Ecológicas	28
2.4.5 Depredadores	28
2.4.5.1 Atributos de un Depredador Efectivo	29
2.4.6 Especialización de los Insectos Depredadores hacia sus presas.	30
2.4.7 Riesgos Asociados en la Introducción de Especies Entomófagas	32
2.4.8 Importancia del Estudio de la Depredación	33
2.4.9 Importancia de la Cría de Insectos	33
2.4.10 Métodos de Manipulación de Enemigos Naturales	34
2.5 RESPUESTA FUNCIONAL Y NUMÉRICA.....	35
2.5.1 Respuesta Funcional	35
2.5.1.1 Tipos de Respuesta Funcional	37
2.5.2 Respuesta Numérica	39
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Área de colecta	41
3.2 Localización de los Experimentos	42
3.3 Materiales	43
3.4 Cría de Depredadores y Presas	45
3.4.1 Colecta de la grana cochinilla <i>Dactylopius</i> spp. (Presa)	45
3.4.2 Colecta de la catarinita de dos manchas (Depredador)	46
3.4.3 Cría de la grana cochinilla	46
3.4.4 Cría de la catarinita depredadora <i>Chilocorus</i> spp.....	48
3.5 Identificación, Biología y Respuesta Funcional y Numérica	49
3.5.1 Identificación de la especie del depredador <i>Chilocorus</i>	49
3.5.1.1 Extracción y montaje de los genitales de la catarinita depredadora	49
3.5.2 Biología de la catarinita del Género <i>Chilocorus</i>	50
3.5.2.1 Consumo Neto de Adultos hembras y machos del género <i>Chilocorus</i>	52
3.5.2.2 Canibalismo entre individuos del género <i>Chilocorus</i>	52
3.5.3 Experimento para determinar la Respuesta Funcional	54
3.5.3.1 Diseño experimental y Tratamientos	54
3.5.3.2 Unidad Experimental	55
3.5.3.3 Establecimiento del Experimento	55
3.5.3.4 Procesamiento Estadístico de datos	56
3.5.3.5 Variables Respuesta	58
3.5.4 Experimento para determinar la Respuesta Numérica	60
3.5.4.1 Diseño experimental y Tratamientos	60
3.5.4.2 Unidad Experimental	61
3.5.4.3 Establecimiento del Experimento	62
3.5.4.4 Variables Evaluadas	63
3.5.4.5 Análisis de Datos	63
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1 Identificación del depredador <i>Chilocorus</i> spp.	65
4.2 Biología de <i>Chilocorus cacti</i> L.	69
4.2.1 Descripción de los Estados Biológicos	69
4.2.2 Duración de los Estados Biológicos	76

4.2.3 Tasa de Consumo Neto de Alimento en adultos de <i>Chilocorus cacti</i> L.....	79
4.2.4 Canibalismo entre individuos de <i>Chilocorus cacti</i> L.	81
4.3 Respuesta Funcional de <i>Chilocorus cacti</i> L.....	85
4.4 Respuesta Numérica de <i>Chilocorus cacti</i> L.....	90
4.4.1 Dinámica de los huevecillos ovipositados en función de las presas ofrecidas	92
4.4.2 Dinámica de las presas depredadas en función de las presas ofrecidas	93
4.4.3 Dinámica de los huevecillos ovipositados según las presas depredadas	94
5. CONCLUSIONES	96
6. LITERATURA CITADA	99
APÉNDICE	106

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Superficie, rendimiento, producción y valor de la producción nacional de nopal verdura por estado en México en el año 2004.....	6
Cuadro 2. Producción de nopal verdura en el Distrito Federal en el año 2004.....	7
Cuadro 3. Principales usos del nopal.....	8
Cuadro 4. Plagas del nopal en México.....	9
Cuadro 5. Enfermedades del nopal en México.....	9
Cuadro 6. Enemigos naturales de la grana <i>Dactylopius</i> spp.....	19
Cuadro 7. Tratamientos de la Respuesta Funcional, Chapingo, México 2007.....	55
Cuadro 8. Cantidad acumulada de presas suministradas durante el periodo de vida de las catarinitas depredadoras <i>Chilocorus</i> spp., durante la prueba de Respuesta Numérica. Chapingo, México.2007.....	61
Cuadro 9. Duración del ciclo de vida de la catarinita (<i>C. cacti</i>), como depredador de <i>Dactylopius</i> spp, bajo condiciones de laboratorio, por estado biológico. Chapingo, México. 2007.....	77
Cuadro 10. Tasa de consumo neto de hembras y machos de <i>C. cacti</i> alimentados alimentadas con grana durante 20 días. Chapingo, México. 2007.....	79
Cuadro 11. Número de días que permanecieron con vida los adultos de <i>C. cacti</i> sin alimento. Chapingo, México. 2007.....	81
Cuadro 12. Promedio de días que permanecieron con vida los individuos de <i>C. cacti</i> de las pruebas 4-16. Chapingo, México. 2007.....	84

Cuadro 13. Desviación estándar y coeficiente de correlación entre presas depredadas y presas ofrecidas de la prueba de Respuesta Funcional de <i>Chilocorus cacti</i> sobre <i>Dactylopius</i> spp. Chapingo, México. 2007.....	86
Cuadro 14. Resultado de los componentes del modelo de Holling linearizado. Chapingo, México. 2007.....	86
Cuadro 15. Promedio de presas depredadas (PD) y huevecillos ovipositados (HO), por el depredador <i>Chilocorus cacti</i> L. alimentado con diferente número de presas <i>Dactylopius indicus</i> , Chapingo, México. 2007.....	91
Cuadro 16. Respuesta Numérica del depredador <i>Chilocorus cacti</i> alimentada con <i>Dactylopius indicus</i> , según las Regresiones Lineales Simples posibles entre huevecillos ovipositados, presas depredadas y presas ofrecidas. Chapingo, México. 2007.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ninfa I de <i>Dactylopius</i> spp.....	13
Figura 2. Ninfa II de <i>Dactylopius</i> spp.....	13
Figura 3. Hembra de <i>Dactylopius</i> spp.....	14
Figura 4. Macho de <i>Dactylopius</i> spp.....	15
Figura 5. Hembra de <i>Dactylopius</i> spp. ovipositando huevecillos.....	16
Figura 6. <i>Chilocorus cacti</i> L. a, b, c, Genitalia del macho; d, Genitalia de la hembra y e, Adulto.....	24
Figura 7. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo I.....	37
Figura 8. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo II.....	38
Figura 9. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo III.....	38
Figura 10. Localización de la Delegación Milpa Alta D.F., México.....	42
Figura 11. Cámara de Cría del Laboratorio de Control Biológico de Insectos.....	42
Figura 12. Nopaleras infestadas de grana, en Milpa Alta D. F.....	45
Figura 13. Macetas de plástico con dos cladodios de nopal uno infestado con grana y otro sin grana.....	47
Figura 14. Cladodios con grana establecidos en maceta.....	47
Figura 15. Cría de la catarinita depredadora <i>Chilocorus</i> spp.....	48
Figura 16. Vista dorsal de <i>Chilocorus cacti</i> L. Chapingo, México. 2007.....	65
Figura 17. Vista ventral de <i>Chilocorus cacti</i> L. a. prosterno, b. mesosterno, c. metasterno. Chapingo, México. 2007.....	65

Figura 18. Línea postcoxal de <i>C. cacti</i>	66
Figura 19. Sifo de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México 2007.....	66
Figura 20. Anillos del sifo <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	67
Figura 21. Sifo curvo en el ápice. Chapingo, México. 2007.....	67
Figura 22. Parámero con el lóbulo basal asimétrico. Chapingo, México. 2007.....	68
Figura 23. Trabes delgadas, mostrando su longitud. Chapingo, México. 2007.....	68
Figura 24. Setas del parámero. Chapingo, México. 2007.....	69
Figura 25. Huevecillos de <i>Chilocorus cacti</i> L. a: recién ovipositados. Chapingo, México. 2007.....	70
Figura 26. Huevecillos de <i>Chilocorus cacti</i> L. b: próximos a eclosionar. Chapingo, México. 2007.....	70
Figura 27. Huevecillos de <i>C. cacti</i> ovipositados en grumos la cera de la grana. Chapingo, México. 2007.....	70
Figura 28. Huevecillos de <i>C. cacti</i> . a: ovipositados encima en la tela de organza de las cajas petri y b: ovipositados debajo de la organza. Chapingo, México. 2007.....	71
Figura 29. Larvas del depredador <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	72
Figura 30. Larvas del depredador <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	72
Figura 31. Sutura epicraneal de las larvas de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	72
Figura 32. Pupa del depredador <i>C. cacti</i> L. Chapingo, México. 2007.....	73
Figura 33. Dimorfismo sexual en <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	74
Figura 34. Apareamiento de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	74

Figura 35. Oviposición de una hembra de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	75
Figura 36. Oviposición de una hembra de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	75
Figura 37. Duración de los estados biológicos de la catarinita <i>C. cacti</i> , como depredador de <i>Dactylopius</i> spp. bajo condiciones de laboratorio. Chapingo, México. 2007.....	77
Figura 38. Duración de los estados de desarrollo de <i>C. cacti</i> , en porcentaje respecto a su ciclo biológico. Chapingo, México. 2007.....	78
Figura 39. Tasa de consumo neto de hembras y machos de <i>C. cacti</i> alimentados con grana durante 20 días. Chapingo, México. 2007.....	80
Figura 40. Periodo de vida de Adultos de <i>C. cacti</i> , sin alimento. Chapingo, México. 2007.....	81
Figura 41. Canibalismo entre larvas de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.	82
Figura 42. Canibalismo entre larvas de <i>C. cacti</i> Chapingo, México. 2007.....	82
Figura 43. Canibalismo de Adultos hacia larvas de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	83
Figura 44. Restos de una larva depredada de <i>C. cacti</i> . Chapingo, México. 2007.....	83
Figura 45. Promedio de días que permanecieron con vida los individuos de <i>C. cacti</i> de las pruebas 4-16. Chapingo, México. 2007.....	84
Figura 46. Regresión Lineal del Modelo de Holling. Chapingo, México. 2007.....	87
Figura 47. Gráfica del Modelo de Holling de la Respuesta Funcional de <i>Chilocorus cacti</i> sobre <i>Dactylopius indicus</i> , durante el tiempo óptimo de duración de la prueba. Chapingo, México. 2007.....	88

Figura 48. Regresión Lineal Simple de los tres primeros pares de valores de la regresión cuadrática de la Figura 47, incluido el origen. Chapingo, México. 2007.....	89
Figura 49. Regresión Lineal Simple de los últimos tres pares de valores de la regresión cuadrática de la Figura 47, más el origen. Chapingo, México. 2007.....	89
Figura 50. Relación de presas ofrecidas (Tratamientos) y Huevecillos ovipositados (HO). Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas, respectivamente. Chapingo, México. 2007.....	92
Figura 51. Relación de presas ofrecidas (Tratamientos) y presas depredadas (HO). Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas Chapingo, México. 2007.....	93
Figura 52. Relación entre presas depredadas y huevecillos ovipositados; donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a los tratamientos (número de presas ofrecidas: 4, 6, 8, 10 y 12 presas por día). Chapingo, México 2007.....	94

ÍNDICE DEL APÉNDICE

	Pag.
Apéndice 1. Clave de identificación para especies de <i>Chilocorus</i> , realizada por Gordon, 1985.....	106

BIOLOGÍA Y RESPUESTA FUNCIONAL Y NUMÉRICA DEL DEPRDADOR *Chilocorus* spp. (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) ASOCIADO AL CULTIVO DE NOPAL VERDURA EN MILPA ALTA, MÉXICO D.F.

BIOLOGY AND FUNCTIONAL AND NUMERICAL RESPONSE OF *Chilocorus* spp. (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) ASSOCIATED WITH VEGETABLE CACTUS CROP IN MILPA ALTA, MEXICO D.F

Evert Villanueva Sánchez¹; Samuel Ramírez Alarcón²

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar la biología y la respuesta funcional y numérica de la catarinita del género *Chilocorus*, como depredador de la grana cochinilla (*Dactylopius indicus*), asociada al cultivo de nopal verdura en Milpa Alta, D. F. Los experimentos se realizaron en una cámara de cría, en condiciones de 22 a 27°C de T°, 42 a 45% de H.R. y fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. La catarinita se identificó como *Chilocorus cacti* L., en función de la morfología distintiva de los adultos y de la genitalia de los machos. Su ciclo de vida duró 88.54 días; no registró canibalismo entre adultos; aunque sí lo presentó entre larvas con larvas, larvas con huevecillos y adultos con huevecillos. La dinámica del consumo del depredador *Chilocorus cacti* L. en función de la oferta de presas, correspondió a la respuesta Tipo II de Holling. Según la respuesta funcional, por cada aumento de dos presas ofrecidas, el número de presas depredadas, en la primera etapa fue de 0.489 y en la segunda de 0.3048 presas. Al cuantificar la dinámica de la respuesta numérica, se encontró que al aumentar la cantidad de presas ofrecidas, el depredador incrementó el número de huevecillos ovipositados y de presas depredadas. Según las regresiones lineales simples realizadas: por cada dos presas ofrecidas, se incrementó el número de huevecillos ovipositados en 1.238 y el número de presas depredadas en 0.554; y el número de huevecillos ovipositados se incrementó en 0.636 por cada dos presas depredadas.

PALABRAS CLAVE: Depredador, *Chilocorus cacti* L., presa, *Dactylopius indicus*, Nopal, *Opuntia ficus-indica* L.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the biology and the functional and numerical response of *Chilocorus* spp. beetle as predator of grana cochineal pest (*Dactylopius indicus*) of cactus vegetable in Milpa Alta, D. F. The experiments were carried out in a breeding chamber, with 22 to 27 °C, 42 to 45% RH and photoperiod of 16 h of light and 8 h of darkness. The predator was identified as *Chilocorus cacti* L., based on the distinctive morphology of adults (male and female) and on the male genitals. Its life cycle lasted 88.54 days. There was no cannibalism among adults, although larvae cannibalized larvae and eggs and adults cannibalized eggs. Dynamics of predator consumption, in terms of the prey supplied, corresponded to Holling's type II response. According to the functional response, per each additional two prey offered, the number of consumed prey in a first and in a second phase was 0.489 and 0.3048 prey. By quantifying the dynamics of numerical response, it was found that by increasing the amount of offered preys, the predator increased oviposition and devoured prey. According to the simple linear regressions made, per each two offered prey, the number of eggs laid increased by 1.238 and the number of devoured preys by 0.554; and the number of eggs laid increased by 0.636, per each two devoured prey.

KEYWORDS: Predator, *Chilocorus cacti* L., Prey, *Dactylopius indicus*, Nopal, *Opuntia ficus-indica* L.

¹ Autor de Tesis.

² Director de Tesis.

1. INTRODUCCIÓN

En México existen alrededor de 3 millones de hectáreas de nopaleras silvestres, con suficiente densidad como para ser aprovechadas económicamente. Las plantaciones de nopal cultivado ocupan poco más de 210 mil ha; de las cuales 150,000 se destinan al forraje; 50,000 para tuna; 10,000 para nopalitos y 100 para producir el colorante llamado grana a través del insecto conocido como cochinilla (INE, 1994).

El nopal verdura se cultiva en diferentes zonas de México. La superficie sembrada en México, en el año 2004, fue de 10,207.89 ha con una producción de 607,674.04 ton.ha⁻¹ y un rendimiento promedio de 60.714 ton.ha⁻¹.

En la Delegación Milpa Alta del Distrito Federal, el nopal verdura es el principal cultivo. Esta es considerada la zona de mayor importancia para éste en México. La superficie es de 4,336 ha, con una producción de 276,470 ton y un valor de producción de \$471,874,687 (SIACON, 2006). El nopal verdura se cosecha durante todo el año, aunque los mejores precios de venta los alcanza en los meses de Noviembre a Febrero, debido a que durante el invierno el rendimiento y la producción se abaten por las bajas temperaturas y la incidencia de heladas, ya que sólo algunos productores logran obtener poca cosecha (Morales, 2005).

La verdura se comercializa en el Centro de Acopio (ubicado en Villa Milpa Alta), en la Central de Abastos y en el mercado de La Merced en la Ciudad de México; así como en Toluca, representando un 70% del total de la producción a nivel nacional.

Del cultivo de nopal verdura dependen muchas familias de productores y jornaleros que vienen de otros estados del país; por lo que es una fuente importante de mano de obra y de recursos económicos (Morales, 2005). Sin embargo, la producción de esta hortaliza es afectada por la gran cantidad de plagas que atacan al cultivo en diferentes épocas del año (SARH, 1992).

La principal plaga del cultivo de nopal verdura en la delegación de Milpa Alta, es la **grana cochinilla (*Dactylopius spp.*)**, cóccido parásito que se alimenta succionando la savia de la planta; el cual merma la producción hasta en un 100% (Espinosa, 2001).

Algunos enemigos naturales que atacan a esta plaga son: *Chilocorus cacti* Linné, *Leactilia cocdivora* (Pyralidae), *Hiperaspis trifulcata* (Coccinellidae), *Baccha* sp. y *Hemerobius* sp. (Hemerobiidae) (Altamirano, 2003). Espinosa (2001) señala que *Chilocorus* spp. es un depredador que prefiere consumir cochinilla silvestre; sin embargo, a veces tiende atacar a la cochinilla fina.

La respuesta funcional y numérica de un depredador es un factor clave en el estudio de la dinámica de poblaciones en sistemas depredador-presa, ya que permite determinar si un depredador es capaz de regular la densidad de sus presas plaga (Murdoch y Oaten, 1975).

Holling (1959) propuso un modelo para la respuesta funcional, el cual sigue siendo el modelo más popular entre los ecólogos. Asume que un depredador invierte su tiempo en dos actividades: 1) búsqueda de la presa y 2) su manipulación (encuentro, captura, consumo y digestión).

El modelo de la respuesta numérica del depredador se basa en la consideración de que el índice de la reproducción de depredadores es proporcional al número de presas consumido. Equivale a la conversión de la presa en depredadores nuevos (Holling, 1959). La respuesta numérica significa que los depredadores llegan a ser más abundantes conforme la densidad de la presa aumenta.

En Milpa Alta se ha observado en nopal verdura que *Chilocorus* spp. es un depredador potencial y eficiente en la regulación de la grana cochinilla como plaga; por lo que puede ser utilizado como una nueva alternativa para el manejo integrado de esta plaga.

En tal propósito, es necesario conocer los aspectos biológicos y ecológicos de su efecto regulador, ya que no existe información al respecto. Por lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- 1) Identificar la especie de *Chilocorus* spp. asociada al cultivo de nopal verdura, en Milpa Alta D.F.
- 2) Conocer la biología de la especie de *Chilocorus* spp. presente en la zona nopalera de Milpa Alta.
- 3) Evaluar la respuesta funcional y numérica de la especie de *Chilocorus* a nivel de laboratorio para establecer su potencial depredador de la plaga grana cochinilla (*Dactylopius* spp).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL NOPAL (*Opuntia* spp.)

2.1.1 Origen y Distribución

La familia de las cactáceas, es considerada como endémica del continente americano, ya que la mayoría de las especies de nopal descritas se encuentran en éste, y México se considera como uno de los centros de origen. A las cactáceas pertenecen los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, los cuales son utilizados como alimento para el hombre ya sea como verdura, fruta o forraje para ganado (Granados, 1991).

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. De este género se reconocen 350 especies, de las cuales 100 se encuentran en México (Bravo, 1978).

En la actualidad, el nopal se cultiva en países como: Argelia, Marruecos, Túnez, Libia, Israel, Sudáfrica, Argentina, Estados Unidos, Perú, Bolivia, Chile y México (Campos, 1996).

2.1.2 Clasificación Taxonómica

La clasificación de las cactáceas es compleja y se basa en características anatómicas analizadas desde el punto de vista evolutivo y taxonómico (Bravo, 1978). La taxonomía más utilizada para la clasificación de las cactáceas es el Sistema de Britton y Rose, el cual clasifica a las Opuntias de la siguiente forma (Bravo, 1978):

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embryophyta
División:	Angioespermae
Clase:	Dicotiledoneae
Subclase:	Dialipétalas
Orden:	Opuntiales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Tribu:	Opuntiae
Género:	<i>Opuntia</i> y <i>Nopaleae</i>
Especie	<i>Opuntia</i> spp., <i>Nopaleae</i> spp.

2.1.3 Importancia

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 como también en la recuperación y conservación de suelos (Barbera *et al.*, 1995).

El nopal verdura en México forma parte de la cultura alimenticia debido a su versatilidad para consumo (frutos y tallo como verdura) y su alto contenido proteico. Según la información de la SAGARPA (1998), el nopal verdura ocupa el doceavo lugar entre las 16 hortalizas más importantes de México, en relación a la superficie sembrada (10,500). Sin embargo, los rendimientos alcanzados de 54.8 ton.ha⁻¹.año⁻¹ lo colocan en primer lugar. Según la producción de nopalito-verdura obtenida en ese mismo año (575,575 ton) ocupó el quinto lugar (Flores, 1997). En el año 2004 la superficie sembrada fue de 10,207.89 ha, con una producción de 607,674 ton.h⁻¹, dando un rendimiento por hectárea de 60.714 (SIACON, 2006).

El Cuadro 1 muestra, la superficie, rendimiento y valor de la producción de nopal verdura por Estado en México, en el año 2004.

Cuadro 1. Superficie, rendimiento, producción y valor de la producción nacional de nopal verdura por estado en México en el año 2004.

Estado	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton.ha ⁻¹)	Valor de Producción (\$)
Aguascalientes	235	235	9,573	40.736	18,519,925.45
BCN	427.5	361.5	11,347.43	31.39	21,148,111.55
BCS	56.25	17.25	42.77	2.479	256,620
Chihuahua	10	0	0	0	0
Colima	13.5	13.5	281.5	20.852	1,087,500
Distrito Federal	4,336	4,336	276,470	63.762	472,458,087.58
Durango	9	1	4	4	7,480
Guanajuato	169.24	143.24	2,409	16.818	6,350,000
Guerrero	13.5	13.5	202	14.963	680,000
Hidalgo	44.5	40.5	3,670	90.617	16,920,350
Jalisco	429.5	427.5	5,555	12.994	48,530,250
México	623.5	623.5	82,007	131.527	150,922,500
Michoacán	273	248.5	6,482	26.085	7,753,120
Morelos	2,000	2,000	185,650	92.825	396,040,000
Nayarit	67.25	65.25	557	8.536	3,325,900
Oaxaca	32	32	1,025	32.031	1,025,000
Puebla	104	104	7,051	67.798	25,987,787.76
Querétaro	25	25	79	3.16	236,033.8
Quintana Roo	4	4	94	23.5	423,000
San Luis Potosí	388	378	1,200	3.175	540,108
Sinaloa	9	9	31.4	3.489	117,000
Sonora	40	40	309	7.725	852,100
Tamaulipas	528.6	520.98	2,284	4.384	4,368,295
Veracruz	8.55	8.55	233.65	27.327	373,840
Zacatecas	361	361	11,116	30.792	14,263,700

Fuente: SIAP, con información de las Delegaciones y Distritos de la SAGARPA. 2004.

Por su potencial como fuente generadora de divisas, junto con otras cactáceas, ocupa cerca de 3 millones de hectáreas distribuidas en diferentes estados y el Distrito Federal. En este ultimo, 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 (Palomares, 2006) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de nopal verdura en el Distrito Federal en el año 2004.

Delegación	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton.ha ⁻¹)	Valor de Producción (\$)
Milpa Alta	4,326	4,326	276,194	63.845	471,874,687.06
Tlahuac	10	10	276	27.6	583,400.52
Total	4,336	4,336	276,470	91.445	472,458,087.58

Fuente: SIAP, con información de las Delegaciones y Distritos de la SAGARPA, 2004.

2.1.4 Usos

En muchos países las plantas del género *Opuntia* y sus derivados sirven para varios propósitos. Es difícil encontrar una planta más distribuida y explotada que el nopal, principalmente en zonas áridas y semiáridas con una economía de subsistencia por falta de recursos naturales y productivos, donde los agricultores y ganaderos (con animales pequeños) deben ver hacia aquellas especies que pueden sobrevivir y producir rentablemente. Inicialmente, como una planta silvestre y después como un recurso o cultivo tanto para la subsistencia como para la agricultura, orientado al mercado (Barbera *et al.*, 1995).

El nopal es una planta de gran importancia para el hombre en gran parte del mundo, debido a la gran cantidad de usos que se le ha dado, además, como frutal, para la producción de tuna, como hortaliza, como planta forrajera, como sustrato para la producción de grana cochinilla y como planta medicinal. También se usa como materia prima para la producción de cosméticos, bebidas alcohólicas y conservas (Díaz, 2006) (Cuadro 3).

Desde el punto de vista ecológico, se ha considerado al nopal como una de las plantas más útiles para frenar la desertificación, evitar la erosión hídrica y eólica de los suelos, ya que con él se logran reforestaciones seguras (Flores, 2003).

Cuadro 3. Principales usos del nopal

Alimento	Frutos y cáscara de frutos: (fresco, seco, enlatado, congelado, endulzado). Jugo, pulpa, bebidas alcohólicas (vino, licor, coloche). Mermelada: melcocha, queso de tuna, miel de tuna (syrup). Dulces, jaleas, pastelería, endulzador líquido. Aceite de semilla. Tallos (nopalitos); frescos, procesados en salmuera o vinagre, precosidos, congelados).
Forraje	Tallos, frutos, semilla, pastoreo, como arbusto para forraje.
Energía	Etanol (tallos, frutos); leña.
Medicina	Diarrea (tallos), diurético (flores y raíces), disentería amibiana (flores), diabetes (tallos), hiperlipidemia (tallos), obesidad (fibras) y antiinflamatorio (tallos).
Cosméticos	Shampoo, crema humectante, jabones, astringentes y lociones para el cuerpo.
Ecológico	Protección de suelos, cercas, compostas, rompevientos, materia orgánica.
Otros	Adhesivos y gomas, pectinas, fibras para manualidades, papel (tallos), colorantes (cría de <i>Dactylopius</i> spp. En tallos), mucílago para la industria alimentaria (tallos), antitranspirantes (tallos) y ornamentales.

Fuente: Barbera *et al.*, (1995).

2.1.5 Plagas y Enfermedades

Flores (2003) menciona que México, por ser el centro de origen de las variedades de nopal que se usan en el mundo para producir tuna, nopalitos, y forraje, el nopal presenta también la mayor diversidad de plagas y enfermedades.

El Cuadro 4, muestra las plagas del nopal, presentes en las zonas productoras del Estado de México y D. F y el Cuadro 5, enlista todas las enfermedades del nopal reportadas en México.

Cuadro 4. Plagas del nopal en México.

Nombre Común	Nombre Científico
Picudo barrenador	<i>Cactophagus Spinolae</i> Gyll
Picudo de las espinas	<i>Cilindrocapturus diradiatus</i> Champ
Barrenador del nopal	<i>Lanifera ciclades</i> Druce
Gusano cebra	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar
Chinche gris	<i>Chelinidae tabulata</i> Bum
Chinche roja	<i>Hesperolabosp gelastops</i> Kira
Cochinilla o grana	<i>Dactylopius indicus</i> L.
Trips del nopal	<i>Neohydatotrips opuntiae</i> Hood
Ácaro	<i>Aceria cactorum</i> Keifer

Fuente: Altamirano (2003).

Cuadro 5. Enfermedades del nopal en México.

Nombre Común	Nombre Científico
Pudrición negra	<i>Macrophomina</i> sp.
Mancha de oro	<i>Alternaria</i> sp., <i>Ascochita</i> sp.
Lesiones causadas por	<i>Phyllosticta concava</i>
Fusariosis	<i>F. solani</i> , <i>F. oxyspogum</i>
Gomosis	<i>Dothiorella ribis</i>
Necrosis bacteriana	<i>Erwinia</i> sp.
Antracnosis de la penca y del fruto	<i>Coletotrichum gloesporoides</i>
Fumagina o Negrilla	<i>Capnodium</i> sp.
Pudrición de la Epidermis	<i>Phoma</i> sp.
Mancha o secamiento de la penca	<i>Alternaria</i> sp.
Agalla del nopal	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Engrosamiento de cladodios	Causado por virus
Pudrición blanca de los cladodios	<i>Pythium</i> sp.

Fuente: Flores (2003).

2.2 La grana cochinilla (*Dactylopius* spp.)

La grana cochinilla del nopal es un insecto de la familia Dactylopiidae que incluye solo un género que contiene a los insectos productores de colorante. Todos estos insectos están confinados a la familia Cactaceae y en particular al género *Opuntia* y algunos géneros relacionados (William *et al.*, 1990).

Se conocen dos tipo de cochinilla; la cochinilla fina (*Dactylopius coccus* Costa) y la cochinilla silvestre o corriente (*Dactylopius* spp.). Esta ultima es un complejo de especies; algunas constituyen plagas de importancia en huertas de nopal (Aquino, 1991). Todas las especies producen colorante, pero solamente *D. coccus* ha sido usada comercialmente para este propósito, ya que produce una gran cantidad de colorante (conocido en México como grana) y de una mejor calidad que el que se obtiene de otras cochinillas (Mann, 1969).

2.2.1 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) señaló que el insecto del género *Coccus*, al cual los mexicanos y guatemaltecos lo propagan y dan el nombre de grana, es originario de México.

En la actualidad la grana 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 *et al.*, 1984). En el Valle de México, se

localiza en Otumba, Teotihuacan, Zumpango, D. F y Texcoco (Altamirano, 2003).

2.2.2 Clasificación Taxonómica

Siempre ha habido confusión con respecto a la identificación de cochinillas debido a algunos de los siguientes factores (Mann, 1969):

- Las especies son muy similares en apariencia.
- Morfológicamente las especies ofrecen pocas características que faciliten su determinación por lo que muchos especialistas han hecho identificaciones erróneas.
- Cada especie posee un rango amplio de hospedantes del género *Opuntia*; dos especies pueden estar en la misma planta y en la misma región.

La ubicación taxonómica de la grana cochinilla según Borrer *et al.*, 1989, es:

Reino:	Animal
Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Atelocerata
Clase:	Insecta
Orden:	Homoptera
Suborden:	Sternorrhyncha
Superfamilia:	Coccoidea
Familia:	Dactylopiidae
Género:	Dactylopius
Especie:	<i>Dactylopius</i> spp.

2.2.3 Características generales

Los cocoideos o insectos escama, grupo al que pertenece la grana cochinilla del nopal, presentan características especiales. Por el tipo de cambios que presentan durante su desarrollo se les considera como insectos de metamorfosis incompleta (Paurometábola) en la que se presenta un desarrollo gradual y los inmaduros son semejantes en apariencia a los adultos, pero los machos han desarrollado un tipo poco común de metamorfosis que involucra un estado de pupa, de tal manera que son muy diferentes a los inmaduros y en consecuencia hay un marcado dimorfismo sexual. Los machos tienen los segmentos del cuerpo perfectamente diferenciados y presentan un par de alas desarrolladas, mientras que el otro par está reducido. En las hembras, el cuerpo no presenta una división clara entre sus segmentos y carecen de alas (Llanderal *et al.*, 2001).

Este grupo también se distingue por secretar sustancias que les sirven de protección, las cuales son elaboradas y depositadas en la superficie del cuerpo a través de diferentes estructuras, tales como túbulos a través de los cuales salen las secreciones, poros que son salidas glandulares que se encuentran en depresiones de la cutícula y setas o espinas de diferente longitud (Llanderal *et al.*, 2001).

2.2.4 Morfología

Huevecillo. Es ovalado, con los bordes redondeados, de color rojo claro cuando está recién ovipositado y después cambia a color rojo intenso. La superficie es lisa y brillante. En promedio mide 0.7 mm de longitud y 0.3 mm de ancho (Llanderal *et al.*, 2001). Eclosionan inmediatamente o 30 minutos después de ser ovipositados (Santana, 2004).

Ninfa I. Cuerpo oval alargado, de color rojo. Recién emergida mide en promedio 0.85 x 0.35 mm. Antenas de seis segmentos. Ojos en posición lateral, ovalados y convexos, cercanos a las antenas. Aparato bucal formado por cuatro estiletes largos que se enrollan en el interior del cuerpo. Tres pares de patas largas y delgadas, con tarso de un segmento, que a su vez posee una uña. El meso y metatórax presentan cada uno un par de espiráculos. Abdomen de ocho segmentos bien definidos que se van angostando en anchura hacia el final del abdomen. El cuerpo presenta setas, túbulos y poros (Montiel, 1995) (Figura 1).



Figura 1. Ninfa I de *Dactylopius* spp.

Ninfa II. Cuerpo ovoide, de color rojo oscuro. Mide en promedio 2.2 mm de longitud y 1.2 mm de ancho. Al principio tiene una apariencia algodonosa similar a la ninfa de primer instar, pero después los filamentos desaparecen y se cubre de cera fina (Llenderal *et al.*, 2001) (Figura 2).



Figura 2. Ninfa II de *Dactylopius* spp.

Hembra. Cuerpo ovoide, de color rojo, similar al de la ninfa II. Después de mudar es aplanada, pero conforme transcurre el tiempo adquiere una forma oval, con el dorso convexo y la base plana. Las antenas y las patas no sobresalen de los márgenes laterales del cuerpo. La cutícula es delgada y flexible y presenta poros, túbulos y setas. La superficie del cuerpo está cubierta con abundante cera de color blanco. Después de la muda mide en promedio 2.8 mm de longitud por 1.9 mm de ancho y cuando está completamente madura; esas medidas aumentan a 4.5 x 3.0 mm (Llanderal *et al.*, 2001) (Figura 3). Tienen un periodo de preoviposición de 30 a 68 días; la duración del periodo de oviposición es de 10 a 20 días y depositan un promedio de 419 huevecillos (Gilreath *et al.*, 1988). La duración total de su ciclo oscila entre 60 y 90 días dependiendo de las condiciones de temperatura (Romero, 2000).

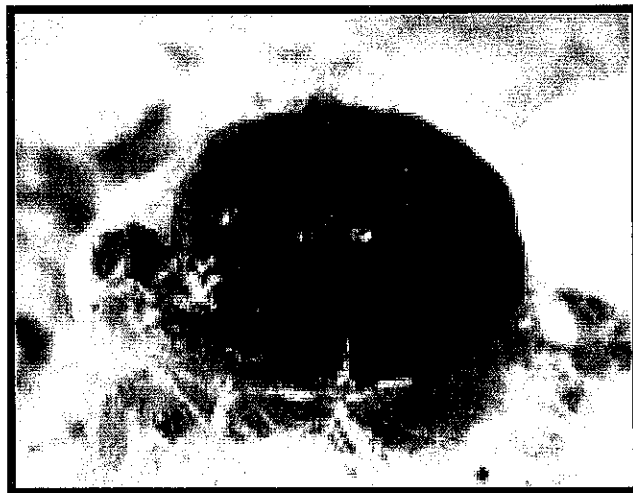


Figura 3. Hembra de *Dactylopius* spp.

Macho. En este caso, la ninfa II teje un capullo y se transforma en prepupa, en la cual ocurren cambios en las diferentes regiones del cuerpo, hasta que se transforma en pupa, en la que ya se puede apreciar el contorno de los apéndices que caracterizan al adulto. El cuerpo del macho adulto es de color rojo, con los segmentos bien diferenciados. Antenas de 10 segmentos. Presenta ojos y ocelos. El aparato bucal está reducido a dos líneas y por lo tanto atrofiado (Llanderal *et al.*, 2001).

Tiene un par de alas de color blanco bien desarrolladas y de bordes redondeados. Las patas son largas y delgadas. Tarso de un segmento, con una uña. Abdomen de 9 segmentos, de consistencia membranosa. Del final del abdomen salen dos filamentos caudales de color blanco (Llanderal *et al.*, 2001). Es de vida efímera y solo vive de tres a cuatro días. La duración total de su ciclo oscila entre los 51 y 62 días (Gilreath *et al.*, 1988) (Figura 4).



Figura 4. Macho de *Dactylopius* spp.

2.2.5 Biología y Comportamiento

El ciclo de vida y comportamiento de la grana cochinilla del nopal varían por efecto de diferentes factores ambientales, tales como la humedad, luz y temperatura, siendo éste último el que más influencia tiene en la duración del ciclo biológico (Llanderal *et al.*, 2001).

El desarrollo embrionario se inicia en el interior del cuerpo de la madre, por lo que generalmente hay preninfas dentro de la hembra, las cuales se pueden observar a través de la envoltura del huevo o corion, ya que éste se adhiere al cuerpo de las preninfas y se adapta a su forma. De esta manera, los huevos o las preninfas pueden ser depositados de manera alternada y en ocasiones la

hembra también puede depositar ninfas que ya no tienen ninguna capa como cubierta.

Por lo anterior, se considera que es un insecto ovovivíparo. Al principio los huevos son depositados en forma individual, pero después la oviposición es continua y algunos huevos se mantienen unidos formando cadenas cortas (Figura 5). La eclosión o desprendimiento del corion tiene lugar a los pocos minutos después de la oviposición. Los huevos que no son fértiles se deshidratan rápidamente y mueren (Llanderal *et al.*, 2001).

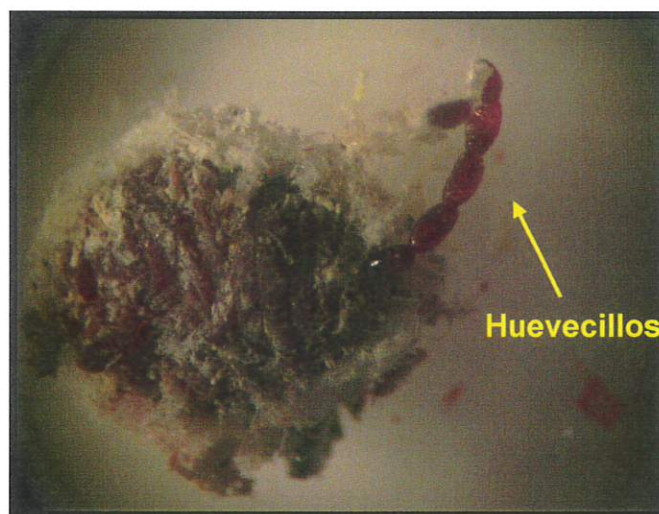


Figura 5. Hembra de *Dactylopius* spp. ovipositando huevecillos.

La ninfa recién depositada o emergida permanece cerca del cuerpo de la madre o junto a otros huevos o ninfas recién depositados. Una característica de la ninfa I es que el cuerpo se cubre de filamentos cerosos largos, en esta primera fase es conocida como ninfa estacionaria, ya que permanece en un lugar o se desplaza poco con movimientos torpes, pero después tiende a dispersarse, en el periodo de ninfa migrante. Se sabe que durante este periodo las ninfas son atraídas por la luz, aunque ya para establecerse buscan lugares sombreados, introducen los estiletes en el tejido vegetal y empiezan a alimentarse, por lo que a partir de este momento ya no hay desplazamiento. A los 28-30 días se

presenta la primera muda, durante la cual el insecto reemplaza el exoesqueleto viejo por uno nuevo. A medida que transcurre el tiempo se va cubriendo de cera blanca en forma de polvo fino (Llanderal *et al.*, 2001).

La hembra adulta recién emergida se observa arrugada y tiene el vientre plano, pero poco a poco aumenta en volumen y sus contornos se redondean. Al mismo tiempo se va cubriendo con cera blanca en abundancia, lo que le da un aspecto polvoso (Llanderal *et al.*, 2001).

La cópula tiene lugar aproximadamente a los 57 días y después de la fecundación el volumen del cuerpo aumenta considerablemente debido al desarrollo de los huevos. El dorso se torna sumamente convexo, hasta que la hembra tiene la apariencia de un saco abultado. Cuando los huevos o ninfas están completamente desarrollados y la hembra está a punto de partir, se le conoce como oviplena (Llanderal *et al.*, 2001).

En el caso de los machos, la ninfa II tiene el aparato bucal atrofiado, de manera que ya no se alimenta. Después de dos días empieza a secretar cera en forma de hilos con los que construye un capullo dentro del cual se transforma en prepupa. Alrededor de 15 días después muda a pupa y aproximadamente a los 12 días emerge el adulto que empieza a desplazarse en busca de las hembras para la cópula. Existe una gran variabilidad en cuanto a la proporción de sexos, aunque es común encontrar dos hembras por cada macho (Llanderal *et al.*, 2001).

2.2.6 Presencia del ácido carmínico en el cuerpo del insecto

Todos los estados de desarrollo de la grana cochinilla, incluyendo el huevo, son de color rojo, lo que indica la presencia de ácido carmínico. Varios investigadores han intentado definir el lugar preciso del cuerpo en el que se encuentra el colorante y así, Chapman (1982) indicó que éste se encuentra en

el tejido adiposo y en la hemolinfa, mientras que Montiel (1995) reportó su presencia en los huevos y en la hemolinfa de ninfas y adultos. Sin embargo, Meza en 1999 identificó al tejido adiposo como el principal órgano involucrado en la síntesis de ácido carmínico y descartó su presencia en las células de la hemolinfa o hemocitos (Llenderal *et al.*, 2001).

2.2.7 Daños en la planta hospedante

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 (Santana, 2004).

Los daños a la planta de nopal son causados principalmente por las hembras. En el lugar donde se alimentan, se produce un área clorótica; induciendo el debilitamiento general de la planta. Específicamente en los frutos se pierde calidad y estos se pueden caer en forma prematura cuando el ataque se presenta en etapas tempranas de su desarrollo (García, 2000). Plantas vigorosas frecuentemente son capaces de resistir el ataque formando una capa corchosa alrededor de la probosis del insecto (Díaz, 2006).

2.2.8 Enemigos naturales de la grana *Dactilopius indicus*

En todos los lugares donde las cochinillas han sido estudiadas, los enemigos naturales han ejercido un importante grado de control. A la fecha se han encontrado 12 géneros pertenecientes a cuatro ordenes de insectos depredadores (Díaz, 2006) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Enemigos naturales de la grana *Dactylopius indicus*.

Orden	Familia	Especie
Coleóptera	Coccinellidae	<i>Hyperaspis trifurcata</i> <i>H. frimbiolata</i> <i>Chilocorus cacti</i> <i>Cybocephalus nigrinus</i> <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> <i>Scymus intrusus</i> <i>S. hornii</i>
Lepidóptera	Pyralidae	<i>Laetilia coccidivora</i> <i>L. c. quadricolorella</i> <i>Salambona analamprella</i>
Neuróptera	Hemerobiidae	<i>Hemerobius</i> sp. <i>Sympherobius amicus</i>
Diptera	Syrphidae	<i>Braccha</i> sp. <i>Salpinogaster conopida</i>
	Agromyzidae	<i>Leucopis bellula</i>

Fuente: Espinosa (2001) y Mann (1969).

2.3 Los Coccinélidos

El orden coleóptera tiene varias familias con un gran número de especies depredadoras. Los coccinélidos y carábidos son los de mayor importancia en el control biológico de plagas agrícolas; en especial los coccinélidos se han especializado en alimentarse de escamas, áfidos y moscas blancas (Debach y Rosen, 1985).

Los coccinélidos son un grupo muy conocido. Son pequeños (0.8-10mm de longitud) de forma oval, convexa y la mayoría son de colores brillantes. La cabeza esta oculta desde arriba por el pronoto que es expandido; pueden ser separados de los crisomélidos por los tres segmentos tarsales, los cuales son distintivos (los crisomélidos parecen tener cuatro segmentos tarsales). Las larvas son elongadas, más o menos aplanadas, y cubiertas con espinas o tubérculos, son usualmente manchadas o bandeadas y de colores brillantes. La mayoría de los coccinélidos son depredadores, tanto la larva como el adulto se

alimentan principalmente de pulgones. Son muy comunes, particularmente en vegetación donde los pulgones son abundantes (Borrór, *et al.*, 1989).

Actualmente hay aproximadamente 490 géneros y 4200 especies de coccinélidos descritos alrededor del mundo (Drea *et al.*, 1990). En América hay 475 especies (Borrór *et al.*, 1989). La mayoría son insectos útiles en el control biológico a excepción del género *Epilachna* y *Subcoccinella* que son defoliadores y algunos miembros de *Psylloborini* que han adquirido el hábito de alimentarse de hifas y esporas de hongos. Hay una amplia evidencia que indica que los coccinélidos en general, utilizan diferentes fuentes de alimento, particularmente si la presa preferida es escasa o no esta presente, estas fuentes pueden ser polen y néctar de flores, e incluso ácaros y estados inmaduros de lepidópteros (Drea *et al.*, 1990).

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 (Santana, 2004).

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 parámeros (Santana, 2004).

2.3.1 Enemigos Naturales de los Coccinélidos

Los coccinélidos son atacados por parasitoides, depredadores y enfermedades. El impacto de estos enemigos naturales en las poblaciones de los coccinélidos

y de sus presas, varía con la especie del enemigo natural, la localización geográfica, la época del año, y en especial con la especie de coccinélido involucrado (Drea, *et al.*, 1990).

2.3.2 Género *Chilocorus* Leach

Es un género grande con aproximadamente 70 especies distribuidas mundialmente, nueve de estas se encuentran presentes en Norte América incluyendo dos especies (*C. kuwanae silvestre* y *C. bipustulatus* L.) que fueron introducidas con fines de control biológico (Gordon, 1985).

2.3.2.1 Descripción Morfológica

Este género se caracteriza por su forma oval convexa, la superficie dorsal es glabra. Antena de ocho segmentos, clava de cuatro segmentos fusiformes. Segmento apical de palpo maxilar con los márgenes laterales casi paralelos, margen apical oblicuo. Lóbulo prosternal plano y amplio. El margen de los élitros no está doblado, epipleura descendiendo externamente y ligeramente hundido para la recepción del ápice del fémur. Abdomen con seis segmentos visibles en el macho, y cinco en la hembra. Línea postcoxal incompleta. Patas con fémures fuertes, tercer par de tibias con un diente triangular externo, uñas tarsales con un diente cuadrado en la base (Gordon, 1985).

Genitalia del macho con el lóbulo basal ligeramente asimétrico, trabes delgados, más largo que la falobase, sifo fuerte con el ápice doblado o retorcido. La genitalia de la hembra con la cápsula de la espermateca grande, no existe diferenciación entre los nódulos y el ramus, cornu corto, doblado con un apéndice falciforme en el ápice, infundíbulo ausente (Gordon, 1985).

La larva mide de 6 a 7 mm de longitud, es de tipo carabiforme, de color negro con manchas naranjas o rojizas. Presenta 12 segmentos abdominales de los

cuales el cuarto es rojo. Pupa exarata (se distinguen sus apéndices y están libres) de color negro con puntuaciones de color naranja en todo el cuerpo, la exuvia del último instar larval permanece adherida al cuerpo (Espinoza, 2001).

2.3.2.2 Biología y Hábitos

En general, las especies del género *Chilocorus* tienen una biología muy similar. Frecuentemente las prácticas culturales para controlar la presa, combinadas con la severidad del clima, pueden afectar adversamente al depredador y reducir su impacto (Díaz, 2006).

Los coccinélidos típicamente permanecen en cópula por varias horas. Las hembras depositan sus huevos cerca de las escamas individualmente, o en pequeños grupos de dos a cuatro. Una hembra puede ovipositar varios cientos de huevos si el macho esta presente para repetir la cópula; una hembra de *Chilocorus bipustulatus* produjo más de 600 huevos en condiciones de laboratorio. Hay un periodo de preoviposición que va de 1 a 3 semanas (Díaz, 2006).

La larva emerge por una capa circular que abre por un extremo del huevo. El estado larval comprende cuatro estadios que usualmente duran de 1-3 semanas. Las larvas de la mayoría de las especies se alimentan de todos los estados del insecto presa. Después de completar su desarrollo, la larva madura, se congrega en pequeños grupos en la parte más baja de las ramas de las plantas y pasa de 1 a 2 días inmóvil dentro de la última exuvia larval, a este periodo se le conoce como prepupa (Díaz, 2006).

La longevidad del adulto es un factor importante en el control biológico. En los coccinélidos la longevidad depende del clima, época del año y disponibilidad de

alimento. Los adultos de varias especies invernan como adultos y consecuentemente pueden vivir por un año o más (Drea *et al.*, 1990).

Cuando la principal fuente de alimento no esta presente o es escasa, puede presentarse el canibalismo de huevos que no han eclosionado, larvas, pupas, prepupas e incluso entre adultos de la misma especie (Drea *et al.*, 1990).

2.3.3 *Chilocorus cacti* L.

Chilocorus cacti L., se encuentra principalmente en la parte norte de Sudamérica, Centroamérica, México, las Islas del Caribe y la parte sureste de los Estados Unidos (Santiago, 2002).

2.3.3.1 Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de *Chilocorus cacti* es (Borrór, 1989 y Gordon, 1985):

Clase:	Insecta
Orden:	Coleoptera
Suborden:	Polyphaga
Superfamilia:	Cucujoidea
Familia:	Coccinellidae
Subfamilia:	Chilocorinae
Tribu:	Chilocorini
Género:	<i>Chilocorus</i> Leach
Especie:	<i>Chilocorus cacti</i> L.

2.3.3.2 Descripción Morfológica

El adulto mide de 4.0-6.2 mm de largo y de 3.0-5.2 mm de ancho. Es de forma oval convexa. Color negro excepto una mancha grande transversal en el élitro, mesosterno y metasterno y abdomen amarillo o rojo. La superficie dorsal es lisa y brillante con punturas finas que son distintivas. La genitalia del macho es muy importante para poder separar *C. cacti* de *C. tumidus*. *C. cacti* presenta menos de 8 anillos hacia el ápice del sifo, lóbulo basal ligeramente asimétrico, trabes delgadas ligeramente más largas que la phalobase y con más de 100 setas por parámetro (Figura 6). La superficie ventral amarilla o roja separan a *C. cacti* de *C. fraternus*, la cual tiene el meso y metasterno negro (Gordon, 1985).

Las larvas son negras u oscuras, con bandas amarillas en la parte media y están cubiertas con muchas espinas largas ramificadas llamadas escolos, de color amarillento al inicio y posteriormente se tornan oscuras (Booth *et al.*, 1990).

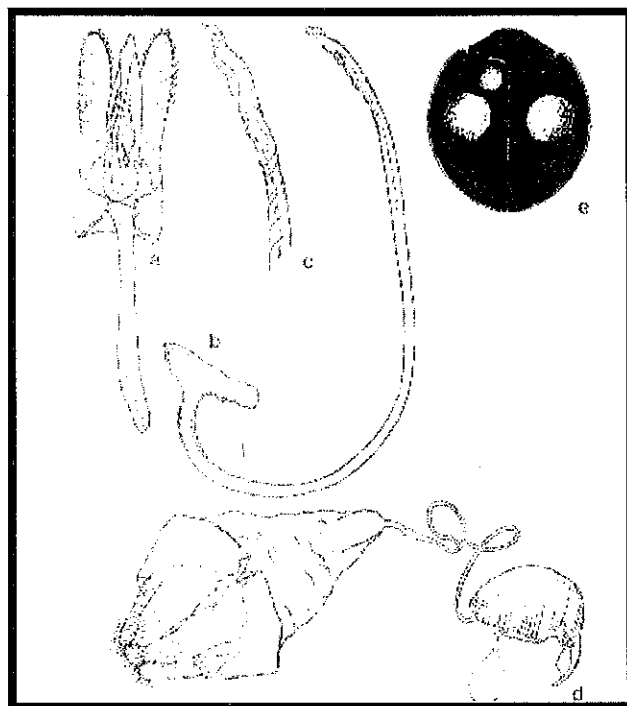


Figura 6. *Chilocorus cacti* L.
a, b, c, Genitalia del macho;
d, Genitalia de la hembra y e, Adulto.

2.3.3.3 Biología

El estado de huevecillo dura aproximadamente 28 días. El primer instar larval dura 6 días, el segundo 5 días, el tercero 7 días y el cuarto 16 días. El estado de pupa dura 8 días y el de adulto alrededor de 44 días (Morales, 2005).

2.3.3.4 Capacidad depredadora

Este insecto tiene la capacidad de consumir de 800 a 900 escamas en 35 días en estado adulto y de 700 a 800 en estado larval (Santiago, 2002).

2.4 Control Biológico

2.4.1 Definición

Se define como la regulación de la población plaga por enemigos naturales tales como parasitoides, depredadores y entomopatógenos, para mantener la densidad de población de una plaga a un nivel mas bajo del que ocurriría en su ausencia. Desde el punto de vista disciplinario se le denomina como la introducción, aumento y conservación de los enemigos naturales para la supresión de poblaciones plaga (Pantaleón, 1999).

2.4.2 Estrategias del Control Biológico

a) **Importación de Enemigos Naturales.** La introducción controlada de nuevos enemigos naturales está basada en el hecho de que muchas, si no es que la mayoría, de las plagas agrícolas, han sido accidentalmente introducidas en nuevas áreas agrícolas, mientras que sus enemigos naturales nativos se han quedado en el lugar de origen. Sin embargo, no se puede excluir la posibilidad de controlar plagas nativas por la introducción de enemigos naturales que existan sobre especies exóticas relacionadas con la plaga (Tanada *et al.*, 1993).

b) **Incremento de Enemigos Naturales.** Se refiere a la manipulación de enemigos naturales ya presentes en un área determinada para regular la densidad de una plaga. Existen dos formas de control biológico por incremento: inoculación e inundación (Pantaleón, 1999).

Inoculación. Es la liberación de un enemigo natural en bajas cantidades con la esperanza de que se establezca y controle la plaga al menos durante la temporada del cultivo; además de depredadores y parasitoides, el uso de algunos patógenos cae dentro de esta categoría de liberación (DeBach, 1968).

Inundación. Involucra la cría masiva y liberación periódica de grandes cantidades de enemigos naturales sin darle posibilidad alguna a la plaga. Como es la aplicación de insecticidas microbiales, virus, hongos y nemátodos (Tanada, *et al.*, 1993).

El incremento de enemigos naturales es un campo relativamente nuevo y poco explorado. Los mayores intentos de incremento han incluido cultivos masivos y colonizaciones periódicas de enemigos naturales o ciertos cambios en las prácticas culturales, pero se han tratado en forma superficial (DeBach, 1968).

c) **Conservación de enemigos naturales.** Este método destaca la importancia de aprovechar al máximo los enemigos naturales que atacan a determinada plaga, sin importar si son nativos o introducidos. Esto involucra el de modificar el medio ambiente del enemigo natural, de tal manera que cualquier efecto adverso se elimine o disminuya, o simplemente alterar el medio para que se adapte mejor a ciertas necesidades peculiares de los enemigos naturales que previamente estaban insatisfechas. Estudios ecológicos básicos son requisitos esenciales para intentos inteligentes de conservación (Trujillo, 1993).

El control biológico por conservación esta dirigido principalmente contra plagas endémicas, por lo que representa una opción importante en países como

México cuya agricultura está basada principalmente en la siembra de cultivos nativos (Trujillo, 1993).

Además de la conservación de los enemigos naturales a través de la modificación mayor o menor del medio ambiente natural, una medida de mayor escala y usualmente la más importante en los cultivos agrícolas incluye el uso sensato de los insecticidas. Aplicaciones inconscientes de insecticidas pueden romper la interacción del huésped y del enemigo natural de tal manera que se pueden presentar "explosiones biológicas" o brotes resultantes del diferente efecto tóxico de los productos químicos sobre el huésped y sus enemigos (DeBach, 1968).

2.4.3 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 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).

2.4.4 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. Son aquellas en las que los organismos viven íntimamente asociados. Se subclasifican en: a) Mutualismo (interacciones que benefician a ambas especies) y b) Comensalismo (interacciones que benefician a un organismo y no afectan al otro).
- 2) Relaciones tróficas. Están directamente relacionadas a la cadena alimenticia de los organismos involucrados, y son subdivididas en: a) Herbívora y b) Depredación o Parasitismo (benefician un organismo y perjudican al otro).
- 3) Relaciones de competencia. Involucran, por ejemplo, competición por territorio y recursos alimentarios.

2.4.5 Depredadores

Los depredadores son individuos que consumen varios organismos durante su vida y buscan activamente 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).

2.4.5.1 Atributos de un depredador efectivo

De manera general, para que un insecto depredador muestre buenos resultados en un lugar dado, es importante tomar en cuenta los siguientes atributos (Pantaleón, 1999):

- a) Alta capacidad de búsqueda, esto es, la habilidad para encontrar a su huésped cuando el huésped es escaso.
- b) La especie benéfica debe ser más específica que polífaga en su alimentación, cuando menos la mayoría de los éxitos se han originado de la introducción de especies más o menos entomófagas específicas. Un alto grado de especificidad indica una buena adaptación fisiológica al huésped y una dependencia ligeramente directa sobre los cambios de la población del hospedero. Sin embargo, las especies polífagas también pueden tener ciertas ventajas.
- c) Alta capacidad de reproducción, es también reconocido como muy importante, especialmente en la naturaleza. Esto incluiría un periodo corto de desarrollo y una fecundidad relativamente alta. Así, varias generaciones del enemigo natural pueden ser producidas en una generación de su huésped (presa) y el enemigo natural puede controlar rápidamente a su huésped siempre

y cuando éste tienda a incrementarse numéricamente, como ocurre generalmente después de inviernos inclementes u otras condiciones climáticas adversas.

d) Habilidad del enemigo natural para ocupar todos los nichos habitados por el huésped y al mismo tiempo tener una buena sobrevivencia. Idealmente el huésped y el depredador tendrían distribuciones absolutamente equivalentes. Esto también significa que el enemigo natural está bien adaptado a un amplio rango de condiciones climáticas.

2.4.6 Especialización de los Insectos Depredadores hacia sus Presas

La amplitud de la dieta representa un componente clave en la ecología, el comportamiento y la diversidad evolutiva de los depredadores. La liberación de insectos depredadores con un rango de hospederos relativamente amplio plantea preguntas significativas en relación con los efectos negativos sobre organismos que no son el objetivo. Es posible que depredadores introducidos puedan moverse fuera del área del cultivo objetivo y se alimenten de especies diferentes a las plagas (posiblemente especies raras o en peligro de extinción).

Hasta donde se sabe, los efectos adversos de la introducción de insectos depredadores han sido examinados sólo para una especie. La dispersión del coccinélido polífago que se alimenta de áfidos, *Coccinella septempunctata*, ha sido asociada con la cantidad reducida de dos especies nativas de coccinélidos en Dakota del Sur y por ende con posibles efectos adversos sobre el control biológico del picudo de la alfalfa en Utah. Por lo tanto, la evaluación en la amplitud de la dieta debe ser una parte integral de la evaluación previa a la liberación de especies entomófagas, especialmente cuando puedan estar en riesgo especies raras o en peligro (Obrycki *et al.*, 1997).

Los insectos depredadores exhiben una gran variación en su rango de dieta. Algunos, por ejemplo, la catarinita *Vedalia (Rodalia) cardinalis*, y la crisopa o león de los áfidos (*Chrysopa slossonae*), son altamente específicos y se alimentan solo de una especie de presa. Otros, por ejemplo los coccinélidos que se alimentan de áfidos: *Hipodamia convergens* y *Adalia bipunctata*, son estenófagos u oligófagos y restringen su alimentación a un rango de tazas relacionados. Finalmente, entre otros depredadores, por ejemplo la chinche *Podisus maculiventris*, y la catarinita rosada *Coleomegilla maculata*, son polífagos y consumen una amplia variedad de presas, así como fluidos vegetales y polen (Obrycki *et al.*, 1997).

Los depredadores se pueden clasificar de acuerdo con el estado del ciclo de vida de la presa que ellos atacan (por ejemplo: depredadores de huevos); buscadores activos, emboscadores o los que filtran el alimento y los que construyen redes. Aunque estas categorías puedan dar una información general sobre el tipo de presa que toman, no tienen valor predicativo en cuanto a la especificidad en la presa para especies individuales. En este sentido, es de significado tanto teórico como práctico que la filogenia del depredador puede ser una clave importante para la preferencia por las presas y la amplitud de las presas que consumen. Por ejemplo, entre los Coccinélidos y los Chilocorinae se alimentan de las escamas (homópteros); la mayor parte de las especies de Coccinellidae son depredadores de áfidos y los Stethorinae se han especializado en especies de ácaros fitófagos (Gordon, 1985).

Los depredadores que son capaces de consumir una dieta (por ejemplo, en el laboratorio) a menudo toman un rango de alimentos mucho más estrecho. Como en el caso de los herbívoros y los parasitoides, en los depredadores la amplitud de la dieta resulta de la interacción de diversos factores fisiológicos, ecológicos y de comportamiento (Santiago, 2002):

- a) La disponibilidad relativa de tipos específicos de presas.

- b) El comportamiento de búsqueda de alimento de los depredadores.
- c) La disponibilidad de presas.
- d) El riesgo de depredación u otros factores de mortalidad asociados con la obtención de presas.

En muchos casos el comportamiento parental, especialmente el comportamiento de oviposición, puede jugar un papel crucial para determinar la presa que esta disponible para larvas depredadoras (Obrycki *et al.*, 1997).

2.4.7 Riesgos Asociados en la Introducción de Especies Entomófagas

Para la introducción de nuevas especies siempre hay la posibilidad de tener casos indeseables, dentro de los cuales se mencionan algunos, para que se tomen en cuenta cuando se tenga una situación similar (Santana, 2004):

- a) Introducción de plagas de cultivos agrícolas, originalmente empleados para el control biológico de plantas nocivas. Las pruebas de preferencia que exigen las agencias regulatorias, consideran la posibilidad de que los organismos amplíen su rango de hospederos.
- b) Introducción de fitopatógenos exóticos que sean transportados en el cuerpo de los insectos entomófagos.
- c) Introducción de parásitos secundarios de la especie que se intenta importar; del mismo modo, es posible que las especies entomófagas introducidas ataquen a agentes de control biológico establecidos. Por ejemplo: para introducir a *Pediobius foveolatus*, parásito del coccinélido *Epilachna varivestis*, fue necesario mostrar evidencia de que este no era capaz de parasitar a los coccinélidos entomófagos nativos.

d) Introducción de especies que se establecen como plagas, como reservorio de enfermedades del hombre, que favorecen que la plaga que se intenta atacar aumente su efecto nocivo, o que ocasionan extinciones de especies.

2.4.8 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 Der Bosch *et al.*, 1973).

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, debajo de su umbral de daño económico (Murdoch *et al.*, 1975).

2.4.9 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 los entomólogos, adquirieron experiencias para resolver diversas situaciones y mejorar las técnicas (Morón *et al.*, 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 *et al.*, 1991).

Actualmente, la finalidad de criar insectos está dividida en cuatro grandes grupos (Bautista *et al.*, 1994):

- 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 (a gran escala).
- 4) Cría para la investigación y enseñanza (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).

2.4.10 Métodos de manipulación de enemigos naturales

Existen varias maneras posibles 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).

2.5 Respuesta Funcional y Numérica

2.5.1 Respuesta Funcional

Se refiere al número de presas consumidas por un depredador en un tiempo determinado, a diferentes densidades de la presa.

La estabilidad en las interacciones depredador-presa es una edición importante para el control biológico (Strand *et al.*, 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 con dietas artificiales (Cohen, 1992).

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 *et al.*, 1975).

Holling (1959) sugirió un modelo de la respuesta funcional que sigue siendo el 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.

En ecología, este modelo ilustra el comportamiento del depredador en el uso del tiempo. Asume que un depredador invierte su tiempo en dos tipos de actividades (Santana, 2004):

1. Búsqueda de la presa
2. Manejo de la presa que incluye: perseguirla, capturarla, matarla, comerla y digerirla.

En este modelo, el índice de consumo de un depredador se limita porque incluso si la presa es tan abundante que no invierte tiempo para buscarla, 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 (Santana, 2004).

2.5.1.1 Tipos de Respuesta Funcional

Holling (1959) considera tres tipos de respuesta funcional:

Tipo I. La respuesta funcional del tipo I se encuentra en depredadores pasivos como las 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 (Figura 7).

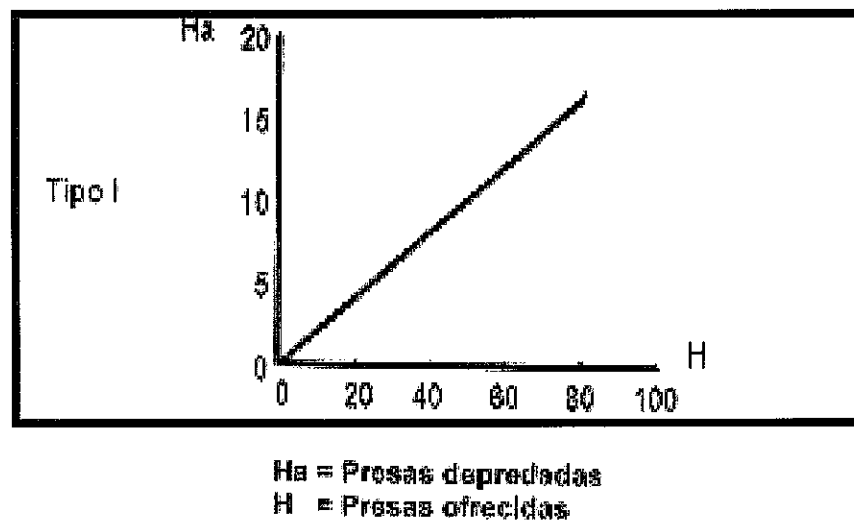


Figura 7. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo I

Tipo II. 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 (Figura 8).

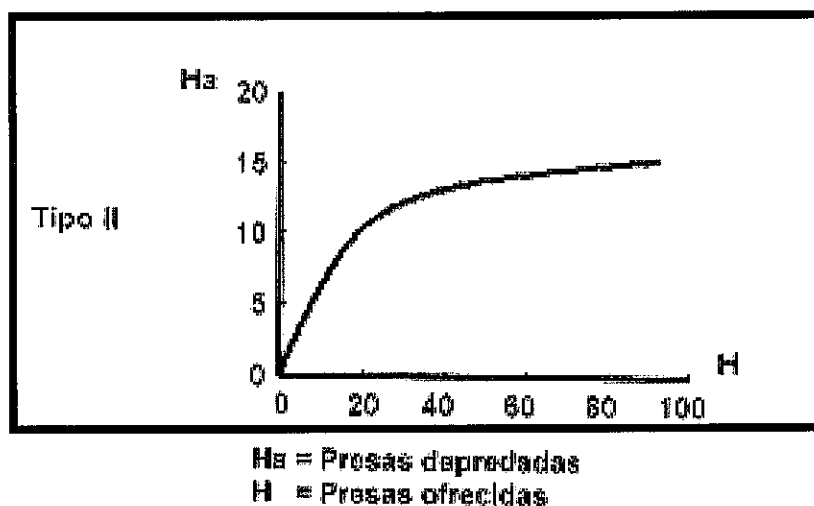


Figura 8. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo II

Tipo III. 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 presa (Figura 9).

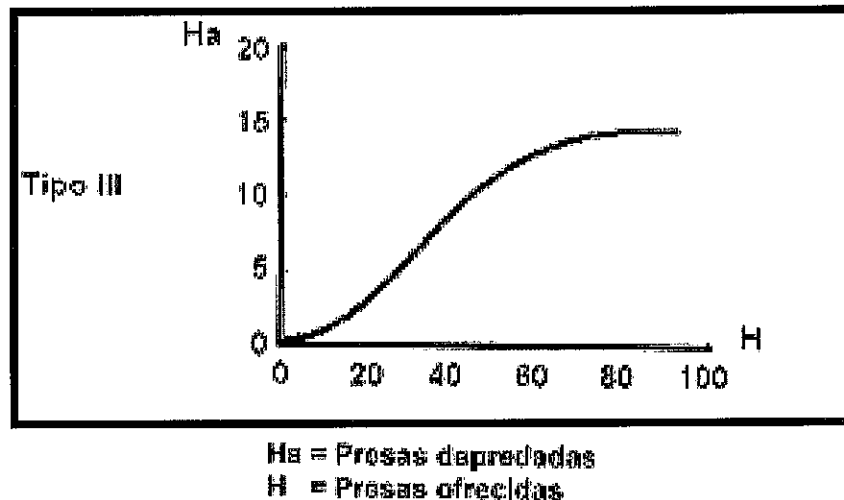


Figura 9. Gráfica de la Respuesta Funcional de Tipo III

Por ejemplo *Polistes dominulus* (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 presa (Schenk *et al.*, 2002).

2.5.2 Respuesta Numérica

Se refiere a la tasa de incremento (reproducción) del depredador, en términos del número de huevecillos ovipositados en función de la cantidad de presas consumidas, por unidad de tiempo, en un ambiente controlado determinado.

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 para el manejo de poblaciones de insectos (Andrewartha *et al.*, 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, 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 es influenciada por nacimientos, rango de supervivencia y por dispersión de tablas de movilidad de un depredador desde un área de densidad baja de la presa a un 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 consideración de que el índice de la reproducción de depredadores es proporcional al número de presas consumido. Esto es, la conversión de la presa en depredadores nuevos (Holling, 1959).

La respuesta numérica significa que los depredadores llegan a ser más abundantes conforme la densidad de la presa aumenta.

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 *Olla 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 consistente en: 1) adultos de la catarinita *Chilocorus* spp., depredador de la plaga grana cochinilla del nopal y 2) cladodios de nopal infestados con hembras adultas de la grana cochinilla *Dactylopius indicus*.

La colecta de los adultos del depredador se realizó el 29 de mayo de 2006. Cladodios de nopal infestados de grana se colectaron cada 10 días desde el 29 de mayo de 2006 hasta el 30 de octubre de 2007.

Las dos especies de insectos se colectaron en Milpa Alta, área considerada como la provincia del Distrito Federal, la cual se sitúa al sudeste de la ciudad de México (Figura 10), a una latitud norte de 19°11'; longitud oeste 99°01' y a una altitud de 2,420 msnm. Con dichos materiales se condujeron los experimentos para definir el ciclo de vida, estados biológicos, canibalismo y la respuesta funcional y numérica de la catarinita *Chilocorus cacti* como depredador de la grana cochinilla (*Dactylopius indicus*), plaga del nopal verdura.

Milpa Alta ocupa un área de 228.41 km² es decir, el 19% del territorio del Distrito Federal (Anuario Estadístico del Distrito Federal, 2004). El clima es variable debido a la heterogeneidad del relieve. 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 (Delegación Milpa Alta, 2006).

La precipitación pluvial media anual es de 746 mm, siendo los meses de Junio a Septiembre los de mayor intensidad de lluvias.

La temperatura media anual es de 16°C. De Abril a Mayo se registra un promedio de 18°C y de Diciembre a Enero 13.5°C (Espinosa, 1996).

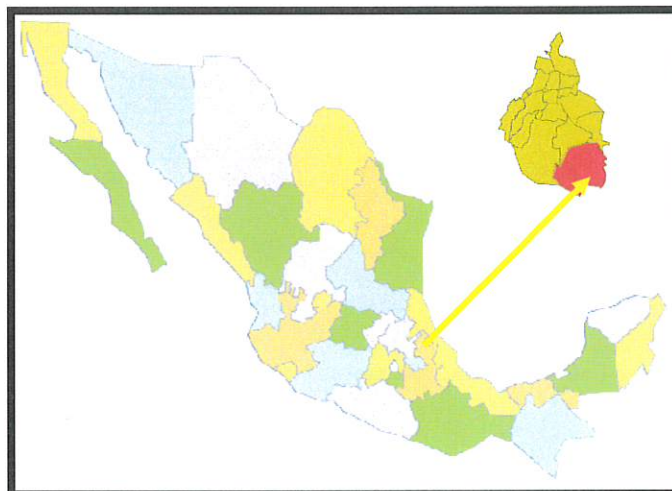


Figura 10. Localización de la Delegación Milpa Alta D.F., México

3.2 Localización de los Experimentos

El presente trabajo de investigación se realizó en una Cámara de Cría del Laboratorio de Control Biológico de Insectos, perteneciente del Programa de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, situada a los 19°29' de Latitud Norte y 98°53' de Longitud Oeste, a una altura de 2250 msnm (García, 1973) (Figura 11).



Figura 11. Cámara de Cría del Laboratorio de Control Biológico de Insectos.

3.3 Materiales

- a) Adultos de la catarinita del género *Chilocorus* colectados en la zona nopalera de Milpa Alta, D.F. y utilizados para iniciar su cría controlada en laboratorio.
- b) Cladodios de nopal infestados con grana cochinilla, colectados en Milpa Alta D. F. y utilizados para alimentar (presa) a las catarinitas durante su cría.
- c) Cámara de Cría en donde las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo fueron controladas.
- d) Reja de plástico como contenedores para transportar los cladodios de nopal infestados con grana, colectados en Milpa Alta.
- e) Recipientes de plástico de 1 L. con tapa con pequeñas perforaciones, para depositar y transportar las catarinitas, colectadas en Milpa Alta.
- f) Macetas de plástico (20), usadas para incrementar las poblaciones experimentales de *Chilocorus* y *Dactylopius*, cuyas dimensiones son: 50x30x40 cm (Alto x Diámetro inferior x Diámetro superior).
- g) Tela de "organza" (10 m²) usada para cubrir las macetas de plástico y evitar que los insectos se salgan, y para cubrir las tapas de las cajas petri.
- h) Cajas Petri desechables de plástico de 60 x 15 mm (Diámetro x Profundidad), a las cuales se les perforó la tapa y se les pegó un pedazo de tela de "organza".

- i) "Bolitas" de algodón humedecidas con agua (1 cm de diámetro), colocadas en las cajas Petri para evitar la deshidratación de las presas y depredadores.
- j) Materiales accesorios. Cuchillo, Pinzas, Pinceles, Bisturí, Agujas de Disección, Alfileres entomológicos, Tijeras, Silicón, Pistola de silicón, Vaso de precipitados de 50mL, 20 mL de solución de KOH al 10%, Agua destilada, Glicerina, Porta y cubre objetos.
- k) Vasos de plástico (3) con agua para proporcionar humedad relativa a la cámara de cría.
- l) 1 pequeño cubo de plástico de 1 cm³, especialmente construido para utilizarlo como medida volumétrica de la cantidad de presas en las pruebas para definir la biología de *Chilocorus* spp.
- m) 1 foco de 60 W usado para mantener la temperatura constante en la cámara de cría.
- n) Higrotermógrafo utilizado para el registro de las temperaturas máximas y mínimas, así como de la humedad relativa, presentes en la cámara de cría.
- o) Microscopio de disección y Estereoscópico.
- p) Cámara fotográfica digital.

3.4 Cría de depredadores y presas

3.4.1 Colecta de la grana cochinilla *Dactylopius indicus* (Presa)

Las hembras adultas de grana del género *Dactylopius* utilizadas en el desarrollo de este experimento fueron colectadas en las nopaleras de la Delegación de Milpa Alta, D.F (Figura 12).

El procedimiento de colecta consistió en una inspección y observación minuciosa de las plantas de nopal presentes en las parcelas de la zona nopalera, con la finalidad de identificar la presencia de cochinilla *Dactylopius indicus*. Cortar con un cuchillo los cladodios infestados con grana cochinilla y depositar en una reja de plástico, para transportarlos.



Figura 12. Nopaleras infestadas de grana, en Milpa Alta D. F.

3.4.2 Colecta de la catarinita de dos manchas (Depredador)

La colonia de catarinitas del género *Chilocorus* que se empleó para la realización de este estudio se obtuvo de colectas realizadas en la zona nopalera de Milpa Alta, Distrito Federal, México.

El procedimiento de colecta consistió en una inspección y observación minuciosa de las plantas de nopal de las parcelas de la zona, con la finalidad de detectar las que estuvieran infestadas con grana, asumiendo que en ellas también estaría presente el depredador, la catarinita. Con la ayuda de un pincel y una pinza se colocaban los insectos adultos en los recipientes de plástico de 1 L, al cual también se le adicionaban presas de grana (cochinillas), como alimento de los depredadores durante su transporte.

3.4.3 Cría de la grana cochinilla (presa)

La colonia de grana cochinilla se incrementó de la siguiente manera:

Se establecieron 10 macetas de plástico, cada una con dos cladodios de nopal: uno infestado con grana y otro libre de plaga (grana) (Figuras 13 y 14), utilizando el material colectado en la zona nopalera de Milpa Alta, con la finalidad de que el cladodio sano de cada maceta se infestara **de novo** y así multiplicar la grana cochinilla (*Dactylopius indicus*), necesaria para realizar los estudios de Biología, Respuesta Funcional y Numérica del depredador *Chilocorus* spp.



Figura 13. Macetas de plástico con dos cladodios de nopal uno infestado con grana y otro sin grana.

Posteriormente se hicieron recorridos de campo a la zona productora para coleccionar cladodios de nopal sanos de reposición como alimento de la grana en maceta, ya que los cladodios duraban apetecibles (turgentes) entre 40 y 50 días antes de deshidratarse o pudrirse, ocasionando con ello la muerte de la grana cochinilla plaga. El procedimiento se repitió durante la duración de los experimentos.



Figura 14. Cladodios con grana establecidos en maceta.

3.4.4 Cría de la catarinita depredadora *Chilocorus* spp.

Los adultos del depredador colectados en Milpa Alta se trasladaron al Laboratorio de Control Biológico de Insectos, perteneciente al Programa de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal, los cuales fueron utilizados para incrementar la población, con la finalidad de disponer de un número de adultos suficiente para realizar sus correspondientes pruebas de Biología, Respuesta Funcional y Numérica.

El incremento de la población consistió en colocar los adultos del depredador en 8 macetas de plástico las cuales contenían cladodios de nopal infestados con grana, cubiertas con tela de “organza” y amarradas con un cordón del mismo material, para permitir la observación del material y evitar la pérdida por el vuelo de los insectos (Figura 15).

Los cladodios de nopal infestados con cochinilla se remplazaban por nuevos cuando el depredador las terminaba de consumir.



Figura 15. Cría de la catarinita depredadora *Chilocorus* spp.

3.5. Identificación, Biología y Respuestas Funcional y Numérica

3.5.1 Identificación de la especie del depredador *Chilocorus*

Debido a que existen dudas entre entomólogos mexicanos en el sentido de que el depredador de la grana, localizado en Milpa Alta Distrito Federal sea la especie *Chilocorus tumidus* L., como lo establece Morales (2005), se realizaron las observaciones necesarias para contribuir a aclarar dichas dudas.

Dicha duda se debe a que según Gordon (1985), la especie *C. tumidus* se encuentra solo distribuida en California, Arizona, Florida, Texas y en los estados del Atlántico medio, sin mencionarla presente en México. En cambio, este mismo autor señala que *C. cacti* si se encuentra distribuida en México.

La identificación de la catarinita depredadora a nivel de especie, se realizó con base en la Morfología Externa de insectos adultos, usando las claves taxonómicas realizadas por Gordon (1985) y en la Morfología Interna de la genitalia de los machos, utilizando el método de Kingsolver (1970).

3.5.1.1 Extracción y montaje de los genitales de la catarinita depredadora

En el Laboratorio de Control Biológico de Insectos de la Maestría en Protección Vegetal se realizó la extracción y montaje de la genitalia externa de los ejemplares machos adultos colectados, de la siguiente manera:

- 1) Se colocó el insecto en posición ventral o abdominal hacia arriba, sujetándolo con pinzas entomológicas. Con un alfiler entomológico se le desprendió el último segmento abdominal, donde salieron adheridos los genitales. La extracción se realizó en 10 ejemplares.

Los genitales extraídos se colocaron en un vaso de precipitados de 50 ml, al cual se le vertieron 20 ml de Hidróxido de Potasio (KOH) al 10%, se calentó a 100°C durante un periodo de 2 a 7 minutos para eliminarles el exceso de grasa y músculo.

2) Cuando las estructuras que conforman los genitales fueron visibles fácilmente por los “lavados”, al quedar libres de grasa y tejidos, se colocaron en una caja petri de 8 cm de diámetro con agua destilada y con ayuda de un alfiler se agitaron suavemente, a manera de lavado, para facilitar la remoción de KOH.

3) Por último, en un portaobjetos se colocó una gota de glicerina y sobre ella, los genitales, para observar bajo el microscopio estereoscópico, la morfología distintiva de la genitalia, para definir la especie de la catarinita depredadora *Chilocorus*.

3.5.2 Biología de la catarinita del Género *Chilocorus*

Para conocer la biología de la especie de *Chilocorus* asociada a las plantaciones de nopal verdura en Milpa Alta D. F., se estableció un experimento con 10 repeticiones (cajas Petri).

Se colocó una pareja de adultos (hembra y macho) en una caja Petri acondicionada al eliminarle el 80% de su cubierta, la cual se sustituyó con tela de “organza” para mantener cautivas en su interior, tanto a las presas como al depredador. A cada caja Petri, se le adicionó 1 cm³ de alimento (hembras de la colonia de grana cochinilla, con un peso de aprox. 0.2 g).

Los residuos y el excedente de alimento se remplazaba cada tercer día, debido a que las presas no consumidas se deshidrataban y morían porque no contaban con el nopal como alimento, pese a que en cada caja Petri se introducía una bolita de algodón humedecida con agua para evitar la deshidratación de las presas y los depredadores.

Se describieron las características morfológicas distintivas y la duración en días de cada uno de los estados biológicos (huevecillos, instares larvales, pupa y el adulto) del ciclo de vida de la catarinita depredadora *Chilocorus* spp.

Huevecillos. Diariamente, todos los huevecillos ovipositados por las hembras en cada caja Petri sobre la grana y la tela de organza de las tapas de las cajas, se colocaban en otra caja Petri, del mismo tipo, con una bolita de algodón humedecido con agua. Se realizaban observaciones diarias de huevecillos eclosionados, registrando el número de días que requieren éstos para eclosionar.

Instares larvales. Todos los instares larvales se alimentaban con hembras de la colonia de grana (1 cm³). Se llevó un registro con observaciones cada 24 horas.

Estado de pupa. Este estado, indicó el fin del ciclo biológico de la catarinita depredadora *Chilocorus* spp.

Condiciones experimentales. Las condiciones ambientales de la cámara de cría fueron controladas para mantenerlas lo mas constantes posibles.

Se utilizó un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de obscuridad; una humedad relativa entre 42-45% y una temperatura entre 22-27°C. Para esto se colocaron en el interior de la cámara, 3 vasos de plástico con agua para suministrar humedad al aire.

La temperatura se elevaba con la ayuda de un foco de 60W, el cual se mantenía prendido por periodos de 4-5 h (9:00 h a 14:00 h). Diariamente se inspeccionaban los registros del higrotermógrafo para supervisar que las condiciones de H.R. y temperatura fueran constantes.

3.5.2.1 Consumo Neto de Adultos hembras y machos del género *Chilocorus*

Esta prueba se realizó con la finalidad de establecer si la tasa de consumo de alimento (número de presas por día) en individuos adultos de ambos sexos del género *Chilocorus* presenta diferencias.

Se eligieron al azar 5 hembras y 5 machos de la colonia de catarinitas depredadoras, las cuales no fueron sometidas a ningún tipo de estrés. Posteriormente, se colocó un individuo por caja Petri a la cual se le adicionó 1 cm³ de alimento (50 hembras adultas de grana) y se le colocó una bolita de algodón humedecida con agua.

Al terminarse la dosis de alimento proporcionada o bien cuando se observó que las presas se deshidrataron (cada 5 días) se suministró una ración nueva durante el proceso que duró 20 días.

Diariamente se registraba el número de presas consumidas y las cajas Petri se limpiaban con la ayuda de un pincel, esto con el fin de eliminar los restos de las presas consumidas el día anterior.

3.5.2.2 Canibalismo entre individuos del género *Chilocorus*

Para determinar la existencia o no de canibalismo entre individuos de la misma especie depredadora, se realizaron las siguientes pruebas:

1) Adultos con Adultos

Prueba 1. 2 machos por caja Petri, con 6 repeticiones.

Prueba 2. 2 hembras por caja Petri, con 6 repeticiones.

Prueba 3. 1 hembra y 1 macho, con 6 repeticiones

2) Adultos con Huevecillos

Prueba 4. 1 adulto, indistintamente del sexo, por caja Petri con 5 huevecillos (6 repeticiones).

3) Adultos con Larvas

Prueba 5: 1 adulto más 1 larva de primer instar, por caja Petri, con 4 repeticiones

Prueba 6: 1 adulto más 1 larva de segundo instar, por caja Petri, con 4 repeticiones.

Prueba 7: 1 adulto más 1 larva de tercer instar, por caja Petri, con 4 repeticiones.

Prueba 8. 1 adulto más 1 larva de cuarto instar, por caja Petri, con 4 repeticiones.

4) Larvas con Larvas

Prueba 9. 2 larvas de primer instar por caja Petri con 4 repeticiones.

Prueba 10. 2 larvas de segundo instar por caja Petri con 4 repeticiones.

Prueba 11. 2 larvas de tercer instar por caja Petri con 4 repeticiones.

Prueba 12. 2 larvas de cuarto instar por caja Petri con 4 repeticiones.

5) Larvas con Huevecillos

Prueba 13. 1 larva de primer instar con 5 huevecillos por caja Petri (4 repeticiones).

Prueba 14. 1 larva de segundo instar con 5 huevecillos por caja Petri (4 rep.).

Prueba 15. 1 larva de tercer instar con 5 huevecillos por caja Petri (4 repeticiones).

Prueba 16. 1 larva de cuarto instar con 5 huevecillos por caja Petri (4 repeticiones).

En todas las pruebas los individuos se mantuvieron sin proporcionarles alimento por el resto de su vida, se realizaron observaciones cada 24 horas.

3.5.3 Experimento para determinar la Respuesta Funcional

3.5.3.1 Diseño experimental y Tratamientos

Se estableció un experimento bajo el diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones. Los tratamientos quedaron definidos como sigue:

Tratamiento 1. 3 presas por día; $r = 8$

Tratamiento 2. 5 presas por día; $r = 6$

Tratamiento 3. 7 presas por día; $r = 4$

Tratamiento 4. 9 presas por día; $r = 3$

Tratamiento 5. 11 presas por día; $r = 3$

3.5.3.2 Unidad Experimental

La unidad experimental fue una caja Petri desechable de plástico de 60 x 15 mm, la cual se perforo de la tapa y se le pegó un pedazo de tela de organza, conteniendo un adulto de *Chilocorus* spp., al cual se le adicionaban las presas de grana cochinilla, conforme a los tratamientos antes definidos.

3.5.3.3 Establecimiento del experimento

Para realizar esta evaluación se utilizaron presas de grana cochinilla en estado adulto (hembras) las cuales se limpiaron parcialmente (20% de la cera blanquecina) bajo el microscopio de disección para poderlas contar y observar el estado de desarrollo del insecto.

Se utilizaron cajas Petri en las cuales se colocaron 3, 5, 7, 9 y 11 presas de grana en presencia de un individuo del género *Chilocorus* en estado adulto, sin importar el sexo, al que se le provocó un ayunó de 24 horas previas al inició del experimento. A cada caja Petri se le adicionó una bolita de algodón humedecida con agua. Se realizaron 8, 6, 4, 3 y 3 repeticiones, respectivamente, para cada tratamiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tratamientos de la Respuesta Funcional,
Chapingo, México 2007.

Tratamiento	No. de presas ofrecidas	No. de repeticiones	Días de exposición depredador-presa
1	3	8	7
2	5	6	7
3	7	4	7
4	9	3	7
5	11	3	7

El tiempo de exposición depredador-presa fue de siete días, durante el cual se reemplazaron las presas cada 24 horas. Se realizaron observaciones y registros del número de presas depredadas por cada individuo del género *Chilocorus* en cada uno de los tratamientos y repeticiones.

Las condiciones ambientales de la cámara de cría fueron controladas. Se utilizó un fotoperíodo de 16 h de luz y 8 h oscuridad, una humedad relativa entre 42-45% y temperatura entre 22-27°C. Diariamente se revisaban los registros del higrómetro.

El experimento se diseñó con mayor número de repeticiones en los tratamientos con bajas densidades de presas y menor número en aquellos tratamientos con altas densidades de presas, para compensar el tamaño final de la muestra (número de presas) bajo estudio.

3.5.3.4 Procesamiento Estadístico de Datos

El análisis estadístico de los datos se realizó con el modelo linealizado y no linealizado de Holling (1959). El modelo linealizado se analizó como una regresión lineal simple de :

$$H_a = \frac{a \cdot H \cdot T}{1 + a \cdot H \cdot T}$$

Donde,

H_a : Promedio de presas depredadas.

a : área explorada por el depredador (diámetro de la caja petri = 28.27cm²).

H: Número de presas ofrecidas.

T: Tiempo que duró la prueba (días).

Th: Tiempo dedicado por el depredador a la manipulación de una presa (días).

Al transformar el modelo de Holling a su forma linearizada, queda de la siguiente manera:

$$\frac{1}{H_a} = \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{H.T} + \frac{Th}{T}$$

El cual, expresado en la forma convencional del modelo de una línea recta; esto es, en la forma de Regresión Lineal Simple (en estadística), quedó:

$$Y_i^ = \beta_0 + \beta_1 X_i$$

donde,

$$Y_i^ = \frac{1}{H_a} = \text{El recíproco del promedio de las presas depredadas } H_a.$$

$$\beta_1 = \frac{1}{a} = \text{Es el coeficiente de Regresión.}$$

La pendiente, definida como el recíproco del área (a) explorada por el depredador; que en este caso se obtuvo como $a = \pi r^2$, donde r es el radio de la caja Petri usada como jaula del depredador.

$X_i = \frac{1}{H.T}$ = Es la variable respuesta. Definida como el inverso del producto del número de presas ofrecidas (H) por el tiempo que duró la prueba (T).

$\beta_o = \frac{T_h}{T}$ = Es el cociente del tiempo dedicado por el depredador a la manipulación de una presa (T_h) sobre el tiempo que duró la prueba (T). Equivale a la ordenada al origen.

El cual en el programa Curve Expert 1.3 se introdujo con los pares de valores de $1/H_a$, como conjunto de valores Y, y $1/HT$ como conjunto de valores X; donde H_a = presas depredadas y H = presas ofrecidas y T = tiempo óptimo de duración de la prueba. En esta forma del modelo, el coeficiente de regresión B_1 , no es interpretable por estar expresado en términos de sus inversos.

Para hacer interpretable los resultados del modelo de Holling, se recurrió al resultado del modelo no linearizado de Holling que si está expresado en unidades interpretables directamente de presas depredadas (H_a) en el eje Y, y presas ofrecidas (H) en el eje X. Con base en la curva no linearizada del modelo de Holling, se realizaron regresiones lineales simples por tramos (dos en nuestro caso), para poder interpretar la pendiente (B_1), de manera directa, en cada uno de los tramos correspondientes.

3.5.3.5 Variables Respuesta

- 1) Número de presas (hembras adultas de grana cochinilla) depredadas por la catarinita, por día.
- 2) Promedio de presas depredadas (H_a).

- 3) Tiempo de duración de la prueba (T, tiempo en el que el depredador tiende a estabilizar el número de presas que consume por unidad de tiempo).

El tiempo de duración de la prueba se calculó a través del programa Curve Expert 1.3, al graficar H_a (promedio de presas depredadas) en el eje Y contra H (número de presas ofrecidas en cada tratamiento) en el eje de las X, ajustando el modelo de Holling (1959) para los datos por día sobre el número de repeticiones.

El modelo de Holling (1959), se transformó a una forma lineal para los siete días que duró el experimento, con la finalidad de observar el comportamiento del depredador respecto al tiempo, en base a la desviación estándar (S) y el coeficiente de correlación (r), mediante el modelo $Y = a x + b$ con el programa Curve Expert 1.3.

Se definió como duración de la prueba, el día a partir del cual el depredador se estabilizó en el número de presas consumidas, con base en el criterio del día en que presentó la menor desviación estándar y el coeficiente de correlación más alto, de los valores obtenidos de la desviación estándar (S) y el coeficiente de correlación (r) más alto entre los pares de valores (H, H_a) de entre los siete días que duró la prueba, ya que esto indicó el día en el que los depredadores alcanzaron su máxima capacidad depredadora (H_a) sobre las presa ofrecidas (H), ya que a partir de ese día comenzó a estabilizarse o bien a disminuir su consumo (voracidad).

El número total de repeticiones se ajustó con base en el número de días, al multiplicar el número de repeticiones establecido (mostradas en el Cuadro 7) por el número de días en los que los depredadores alcanzaron y estabilizaron su máxima capacidad depredadora (que en este caso fueron 3 días).

De manera similar se obtuvo el promedio de presas depredadas (H_a), dividiendo el total de presas depredadas entre el número total de repeticiones, para así alimentar el modelo de Holling en el programa Curve Expert 1.3. Por último, con los datos obtenidos, se graficó la regresión lineal ($H, H_a; X, Y$) con el modelo linearizado de Holling; y con el mismo modelo sin linearizar para obtener el tipo de respuesta .

3.5.4. Experimento para Determinar la Respuesta Numérica

Para estudiar la respuesta numérica entendida como la tasa de incremento (reproducción) del depredador *Chilocorus*, en términos del número de huevecillos ovipositados en función de la cantidad de presas consumidas, por unidad de tiempo, en un ambiente controlado determinado, se realizó un experimento con tratamientos de diferentes presas ofrecidas al depredador, donde la variable respuesta fue el número de huevecillos ovipositados.

La duración completa del experimento fue diferente para cada repetición debido a las diferencias naturales de longevidad de cada pareja de catarinitas depredadoras, ya que se alimentaron durante todo su periodo de vida en la fase de adultos. La prueba se condujo en las condiciones de ambiente controlado ya mencionadas.

3.5.4.1 Diseño experimental y Tratamientos

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Los tratamientos se definieron de la siguiente manera:

Tratamiento 1: 4 presas proporcionadas por día, durante 43, 41, 40, 37 y 36 días, según la repetición respectivamente; $r = 5$

Tratamiento 2: 6 presas proporcionadas por día, durante 39, 39, 36, 36 y 39 días, según la repetición respectivamente; $r = 5$

Tratamiento 3: 8 presas proporcionadas por día, durante 40, 39, 39, 39 y 40 días, según la repetición respectivamente; $r = 5$

Tratamiento 4: 10 presas proporcionadas por día, durante 42, 41, 43, 44 y 44 días, según la repetición respectivamente; $r = 5$

Tratamiento 5: 12 presas proporcionadas por día, durante 41, 41, 42, 41 y 43 días, según la repetición respectivamente; $r = 5$

El número diferente de días en que se alimentaron a las catarinitas depredadoras *Chilocorus* spp. en cada unidad experimental, obedeció a que su periodo de vida fue diferente en cada repetición (Cuadro 8).

3.5.4.2 Unidad Experimental

La unidad experimental fue una caja Petri desechable de plástico de 60 x 15 mm, la cual se perforó de la tapa y se le pegó un pedazo de tela de organza, conteniendo una pareja de adultos (hembra y macho) recién emergidos de *Chilocorus* spp., a la cual se le adicionaban diariamente las presas de grana cochinilla (a lo largo de su periodo de vida), conforme a lo establecido en los tratamientos.

La cantidad acumulada de presas, suministradas a las parejas de catarinas *Chilocorus* spp., durante su periodo de vida se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cantidad acumulada de presas suministradas durante el periodo de vida de las catarinitas depredadoras *Chilocorus* spp., durante la prueba de Respuesta Numérica. Chapingo, México.2007

Tratamiento	Pareja de Adultos (r)	No. de presas suministradas	Periodo de Vida de las catarinitas	Total de presas suministradas
1	1	4	43	172
1	2	4	41	164
1	3	4	40	160
1	4	4	37	148

1	5	4	36	144
2	1	6	39	234
2	2	6	39	234
2	3	6	36	216
2	4	6	36	216
2	5	6	39	234
3	1	8	40	320
3	2	8	39	312
3	3	8	39	312
3	4	8	39	312
3	5	8	40	320
4	1	10	42	420
4	2	10	41	410
4	3	10	43	430
4	4	10	44	440
4	5	10	44	440
5	1	12	41	492
5	2	12	41	492
5	3	12	42	504
5	4	12	41	492
5	5	12	43	516

3.5.4.3 Establecimiento del experimento

En este experimento se utilizaron como presas a hembras de grana cochinilla en estado adulto.

A las hembras adultas de grana suministradas como presas, se les desprendió una parte (20%) de la cera que secretan, para cerciorarse de la cantidad de insectos grana adicionados, para que el depredador pudiera ovipositar entre la cera de las hembras adultas de la grana cochinilla, como usualmente lo hace.

Pupas de la cría de depredadores se colocaron en una caja petri, de donde, cuando emergieron, se eligieron al azar parejas de adultos (hembra y macho), a las que se les proporcionó un número de presas grana conforme a los tratamientos.

Se registraron diariamente datos de presas consumidas y huevecillos ovipositados, durante todo el periodo de vida de las catarinitas, cambiando por frescas cada 24 h las presas ofrecidas. Antes de anexar las presas frescas del día, las cajas Petri se limpiaban con la ayuda de un pincel, esto con el fin de eliminar los restos de las presas consumidas el día anterior.

Las condiciones ambientales de la cámara de cría fueron controladas. Se utilizó un fotoperiodo de 16h luz y 8 h oscuridad, una humedad relativa entre 42-45% y temperatura entre 22-27°C.

3.5.4.4 Variables Evaluadas

- Número de presas diarias consumidas por cada pareja de depredadores (PD).
- Número de huevecillos ovipositados por las hembras del depredador al día (HO).

3.5.4.5 Análisis de Datos

La dinámica de consumo y oviposición del depredador *Chilocorus*, se estableció mediante un análisis de regresión lineal simple, con tres conjuntos de pares de valores (X,Y):

- 1) Huevecillos ovipositados (HO), en el eje Y contra presas depredadas (PD) en el eje X;

2) Presas depredadas (PD), en el eje Y contra presas ofrecidas (Tratamiento) en el eje X;

3) Huevecillos ovipositados (HO), en el eje Y contra presas ofrecidas (Tratamiento) en el eje X.

empleando el programa SAS (Statistical Analysis System), según las regresiones lineales simples posibles entre huevecillos ovipositados (HO), presas depredadas (PD) y presas ofrecidas (Tratamiento) indicadas.

Con SAS también se realizó un análisis de varianza para las variables huevecillos ovipositados (HO) y presas depredadas (PD), así como una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

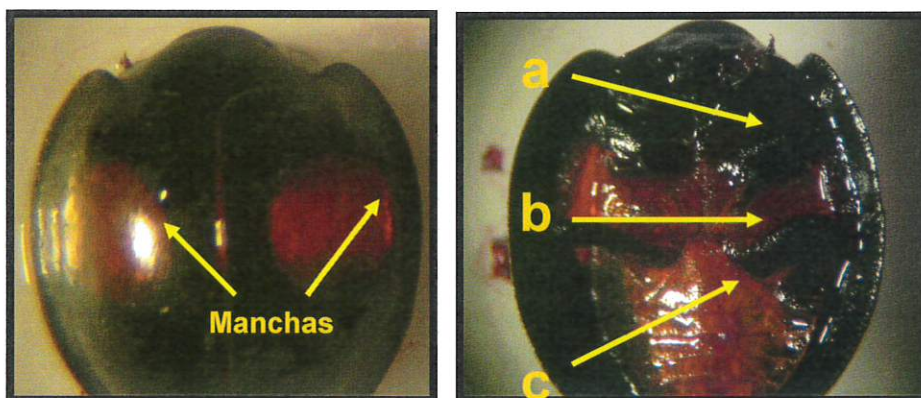
4.1 Identificación del depredador *Chilocorus* spp.

Con la ayuda de una clave y con base en las características morfológicas externas distintivas; así como de la genitalia del macho del depredador estudiado, sobre la plaga grana cochinilla de nopal verdura en Milpa Alta D.F., se determinó que la especie de la catarinita depredadora de la grana, es *Chilocorus cacti* L., según las observaciones documentadas a continuación.

Género. Las características externas de los insectos adultos de la catarinita depredadora, permiten su identificación hasta el nivel de género.

La morfología externa distintiva de los adultos colectados del depredador estudiado, durante los recorridos de campo fue:

Forma oval convexa, color negro con una mancha roja o anaranjada en el centro del élitro (Figura 16). Coloración amarilla o roja del mesosterno, metasterno y abdomen (Figura 17); 8 segmentos antenales, clava fusiforme de 4 segmentos y línea postcoxal incompleta (Figura 18), características que corresponden al género *Chilocorus* y que concuerdan con lo reportado por Gordon (1985) (Se anexa clave taxonómica).



Figuras 16 y 17. Vista dorsal y ventral de *Chilocorus cacti* L.
a. prosterno, b. mesosterno, c. metasterno. Chapingo, México. 2007

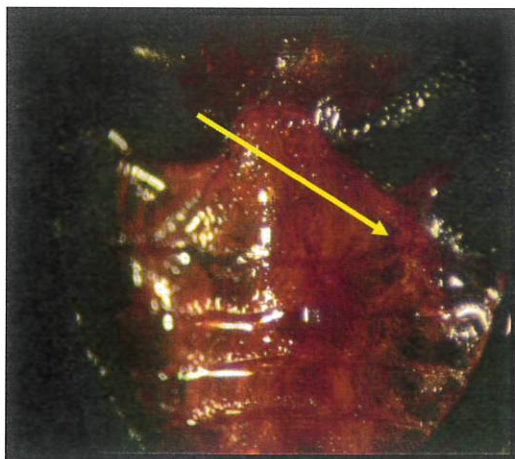


Figura 18. Línea postcoxal de *C. cacti*.

Especie. Las características distintivas de la genitalia de los machos permite su identificación al nivel de especie (Morales, 2005).

La extracción y análisis visual de los genitales de los adultos mostró las siguientes características de su genitalia:

a) Sifo con 8 anillos hacia el ápice (Figuras 19 y 20).



Figura 19. Sifo de *C. cacti*. Chapingo, México 2007

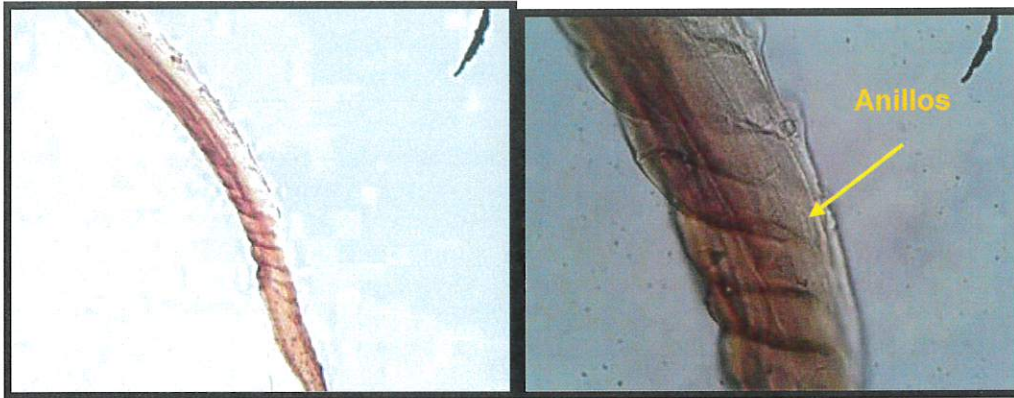


Figura 20. Anillos del sifo *C. cacti*. Chapingo, México. 2007

b) Sifo curvo en el ápice (Figura 21).



Figura 21. Sifo curvo en el ápice.
Chapingo, México. 2007

- c) Lóbulo basal del parámero ligeramente asimétrico (Figura 22 b), según un corte longitudinal.

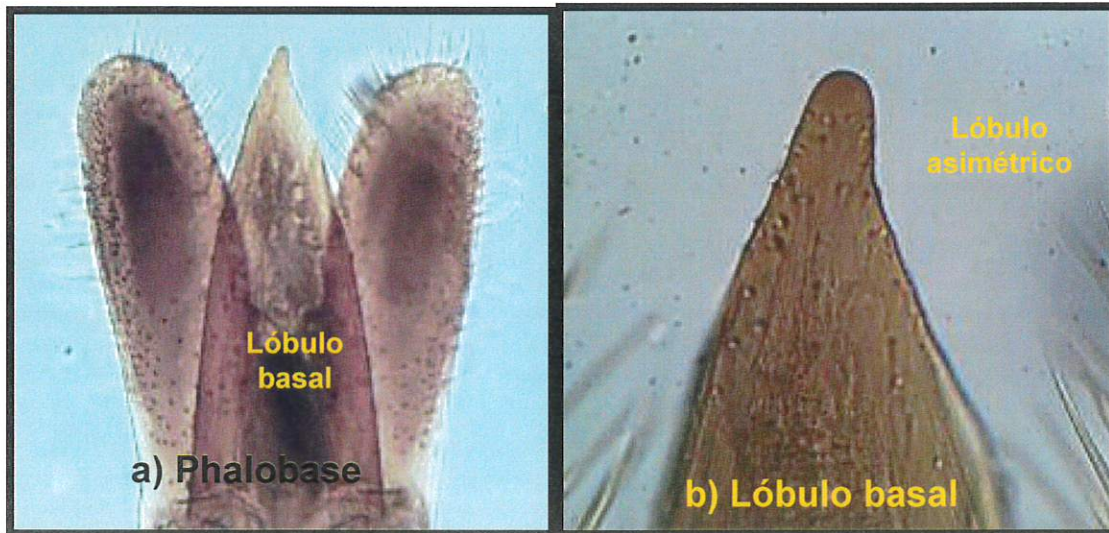


Figura 22. Parámero con el lóbulo basal asimétrico.
a) phalobase, b) Lóbulo basal. Chapingo, México. 2007

- d) Trabes del parámero delgadas ligeramente más largas que la phalobase (Figura 23).

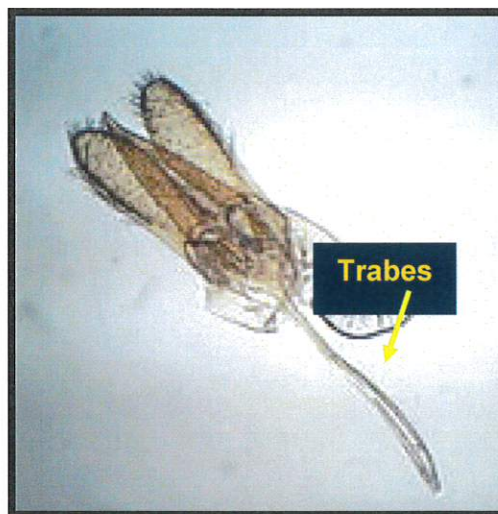


Figura 23. Trabes delgadas, mostrando su longitud.
Chapingo, México. 2007

e) Más de 100 setas por parámetro (Figura 24).

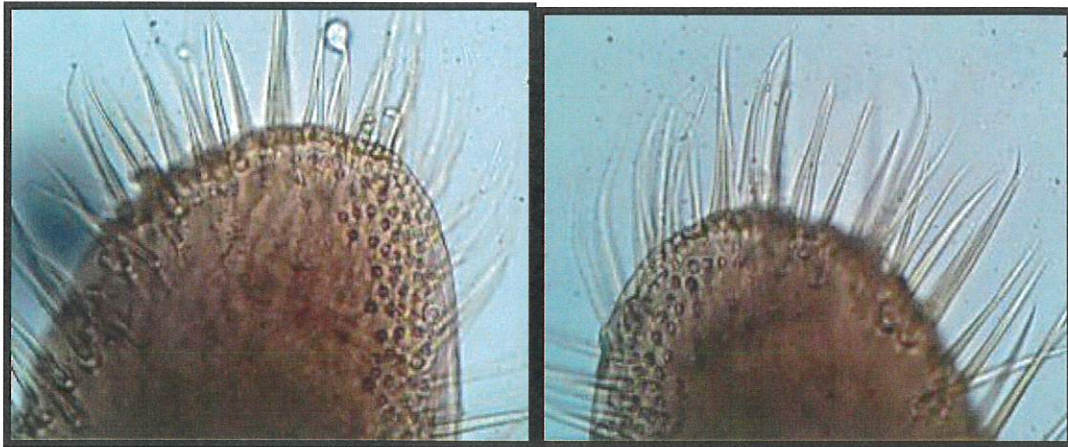


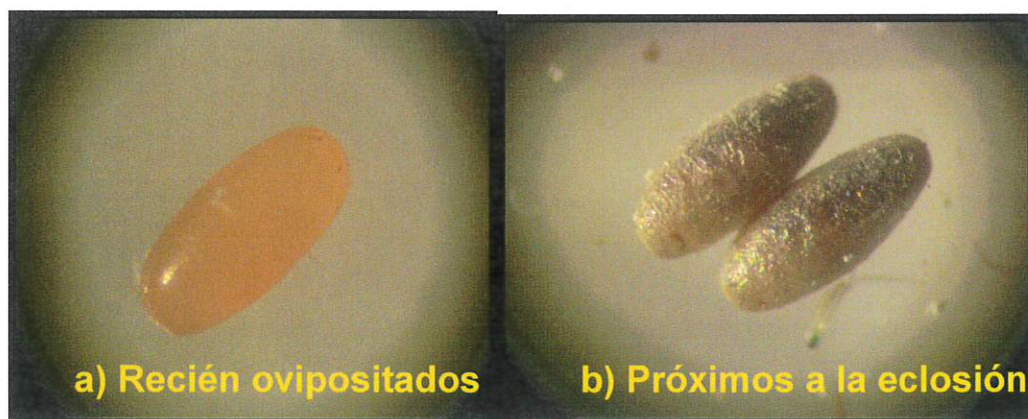
Figura 24. Setas del parámetro. Chapingo, México. 2007

Como se puede apreciar, los resultados de estas observaciones de la morfología distintiva, corresponden a *Chilocorus cacti*, por lo que es posible señalar que esta es la especie asociada al cultivo de nopal verdura en Milpa Alta D.F., son consistentes con los de Díaz (2006); quien al trabajar en la identificación de una especie de *Chilocorus* en Santo Domingo Axapusco, Edo. de México, concluyó que se trata de *Chilocorus cacti* L; pero inconsistentes con los de Morales (2005), quien concluyó que la especie presente en Milpa Alta es *C. tumidus*.

4.2 Biología de *Chilocorus cacti* L.

4.2.1 Descripción de los Estados Biológicos

Huevecillo. Los huevecillos de *Chilocorus cacti* L. son de forma ovalada y alargada. Miden en promedio 1 mm de largo por 0.5 mm de ancho. Recién ovipositados son de coloración naranja tornándose de color más oscuro en la parte central conforme se acerca el momento de eclosión (Figuras 25 y 26).



Figuras 25 y 26. Huevecillos de *Chilocorus cacti* L. a: recién ovipositados y b: próximos a eclosionar. Chapingo, México. 2007

Son ovipositados en grupos de 3-6 o bien de forma individual entre los grumos de la cera que secreta la hembra adulta de grana cochinilla, procurando dejarlos medio cubiertos (Figura 27); aunque, un aspecto importante fue que también hubo oviposición en la tela de organza de las cajas Petri utilizadas en la prueba, tanto sobre como debajo de la tela (Figura 28).

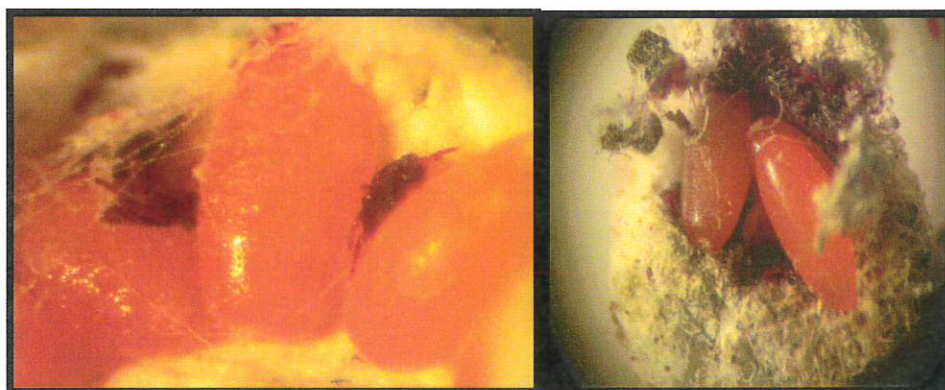


Figura 27. Huevecillos de *C. cacti* ovipositados en grumos la cera de la grana. Chapingo, México. 2007

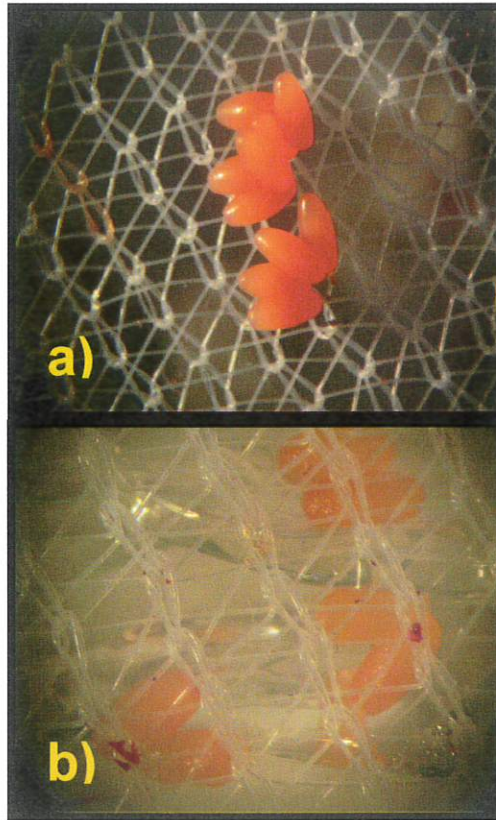


Figura 28. Huevecillos de *C. cacti*, a: ovipositados encima en la tela de organza de las cajas petri y b: ovipositados debajo de la organza. Chapingo, México. 2007

Larva. Las larvas de *C. cacti* miden en promedio 1.5 mm de longitud, recién eclosionadas, aunque llegan a alcanzar hasta 1cm de longitud antes de pasar al estado de pupa. Son de forma carabiforme y están totalmente cubiertas con hileras de espinas largas ramificadas, llamadas escolos. Los escolos son amarillos al inicio y posteriormente se oscurecen (Figura 29). Pasa por cuatro instares, cambiando de muda en cada instar. Las larvas de primer instar emergen por una abertura circular que hacen por un extremo del huevo (Figura 30).

Al eclosionar de cada muda, las larvas son de **color** rojo intenso y a medida que van creciendo se tornan de color negro con una banda transversal angosta de color amarillo-rojizo, en la parte dorsal media.



Figuras 29 y 30. Larvas del depredador *C. cacti*. Chapingo, México. 2007

En todos los instares larvales, la **cabeza** está expuesta, de contorno circular u oblongo. La sutura epicraneal está parcialmente presente e incluye la frente y las áreas clipeales (Figura 31). Las mandíbulas son de tamaño moderado, muy esclerotizadas, un poco triangulares y se agudizan hacia el ápice.

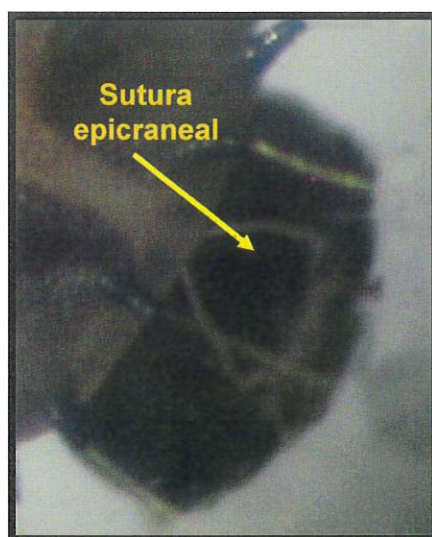


Figura 31. Sutura epicraneal de las larvas de *C. cacti*. Chapingo, México. 2007

Tórax. Los tres segmentos (pro, meso y metatorax) están bien definidos. Cada uno de ellos con un par de patas poco alargadas. Cada pata cuenta con cuatro artejos y una uña.

El **abdomen** presenta diez segmentos, los de la mitad anterior son más anchos y se adelgazan gradualmente hacia el extremo caudal, el décimo es pequeño y lo usa como propata y como disco succionador (ventosa).

Pupa. La pupa de *C. cacti* es del tipo exarata, porque sus apéndices están libres y son visibles. Mide de 4.5 a 6.5 mm y siempre permanece en la exuvia de la larva del último instar. Es de color café oscuro. Dorsalmente presenta dos espiráculos de color anaranjado en forma de tubo en la parte media y cerca de los extremos dorsales (Figura 32).

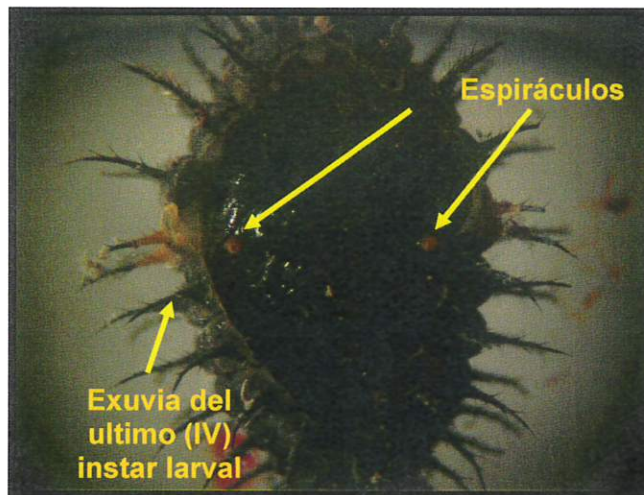


Figura 32. Pupa del depredador *C. cacti* L.
Chapingo, México. 2007

Adulto. El cuerpo del adulto es de forma oval convexa. Mide de 5 mm a 6 mm de longitud por 4 mm a 5 mm de ancho. Recién emergido es de color rojo y conforme pasa el tiempo se torna negro, permaneciendo el rojo en dos manchas, una localizada en cada élitro. La cabeza es glabra. El pronoto en ambos sexos es de color negro. Ventralmente, los segmentos del torax (mesosterno, metasterno) y el abdomen, son de color amarillo o rojo, 8 segmentos antenales, clava (último segmento antenal) fusiforme de 4 segmentos. Línea postcoxal incompleta.

La diferenciación entre hembras y machos, es con base en el tamaño, ya que existe dimorfismo sexual. Por lo general las hembras son mas grandes que los machos (Figura 33).



Figura 33. Dimorfismo sexual en *C. cacti*.
Chapingo, México. 2007

En la conducta de apareamiento, por lo general la hembra permanece en movimiento alrededor de la caja petri, mientras que el macho por un periodo corto de tiempo (10-15 segundos aproximadamente) comienza a buscarla, persiguiéndola hasta alcanzarla. En ese momento la sujeta con las patas anteriores para subírsele e iniciar la cópula. La hembra se queda inmóvil o sigue caminando alrededor de la caja petri (Figura 34).



Figura 34. Apareamiento de *C. cacti*.
Chapingo, México. 2007

Al momento de ovipositar, las hembras localizan una presa y la sujetan con las patas. Comienza a girarla hasta que construye una cavidad entre la cera que la cubre, posteriormente coloca el ultimo segmento abdominal y depositan el huevecillo en la cavidad (Figuras 35 y 36).

No solo se observó oviposición sobre las presas, que es lo común. Además, ovipositaron encima y debajo de la tela de organza de las cajas petri donde se encontraban los adultos.



Figuras 35 y 36. Oviposición de una hembra de *C. cacti*. Chapingo, México.
2007

Durante todo su periodo de vida, que fue de 41 días en promedio, las hembras de *C. cacti*, ovipositaron en promedio 123 y 66 huevecillos sobre la presa de grana, y encima y debajo de la organza de las cajas petri, respectivamente.

La descripción de los estados biológicos de *C. cacti*, bajo las condiciones de laboratorio utilizadas, resultó similar a la realizada por Gordon (1985).

La conducta de apareamiento y oviposición de las hembras de la especie *Chilocorus cacti*, bajo las condiciones de laboratorio de este estudio fue similar a la que observó Santana (2004) en el depredador *Hyperaspis trifurcata* (Coleóptera: Coccinellidae), sugiriendo que los integrantes de la familia Coccinellidae presentan patrón de comportamiento parecido durante el apareamiento y oviposición; a excepción de que *C. cacti* también ovipositó encima y debajo de la tela de organza, indicando que en condiciones de cría masiva en laboratorio, puede ser más eficiente y prolífero.

4.2.2 Duración de los Estados Biológicos

La duración de los estados biológicos del depredador, se obtuvo a través de un experimento en el que se establecieron 10 parejas, un macho con su respectiva hembra en una caja de petri, alimentados con 1 cm³ de hembras adultas de la presa, cada 48 h.

El ciclo de vida de la catarinita (*Chilocorus cacti* L.) como depredador de la grana cochinilla (*Dactylopius* spp.) duró en promedio 88.54 días con un mínimo de 79 días y un máximo de 100 días.

Los huevecillos de la catarinita duraron 9.84 días para eclosionar (11%). Los estadíos larvales L₁, L₂, L₃, L₄ (1º, 2º, 3º y 4º instar) duraron 5.84 (7%), 6.1 (7%), 7.26 (8%) y 10.14 (11%) días en promedio, respectivamente, con una duración total del estado larval de 29.24 días.

La pupa duró 8.72 (10%) días en promedio y el adulto de 40.64 (46%) días en promedio, respectivamente, con una temperatura de 24.5°C (con una oscilación

entre 22.0 y 27°C) y una humedad relativa de 43.5% (con una oscilación entre 42 y 45%) (Cuadro 9; Figuras 37 y 38).

Cuadro 9. Duración del ciclo de vida de la catarinita (*C. cacti*), como depredador de *Dactylopius indicus*, bajo condiciones de laboratorio, por estado biológico. Chapingo, México. 2007

Estado Biológico	Duración Promedio (Días)
Huevecillos	9.84
Larva 1er instar	5.84
Larva 2do instar	6.1
Larva 3er instar	7.26
Larva 4to instar	10.14
Pupa	8.72
Adulto	40.64
Total	88.54

T°: 24.5 y H.R.: 43.5%

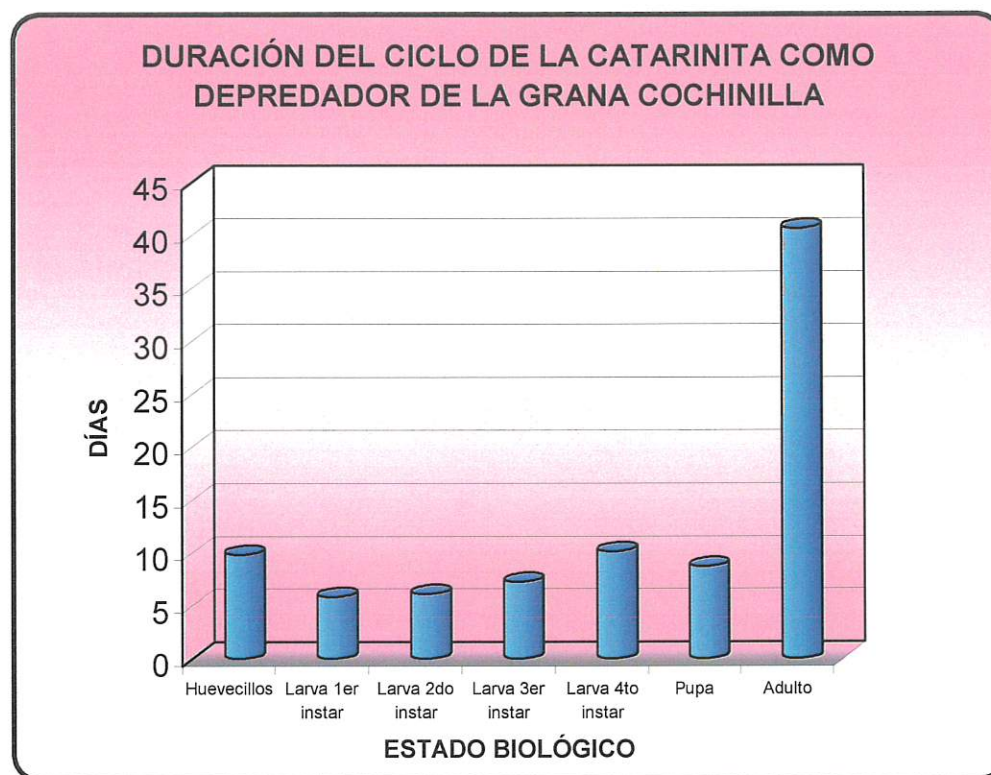


Figura 37. Duración de los estados biológicos de la catarinita *C. cacti*, como depredador de *Dactylopius* spp. bajo condiciones de laboratorio. Chapingo, México. 2007

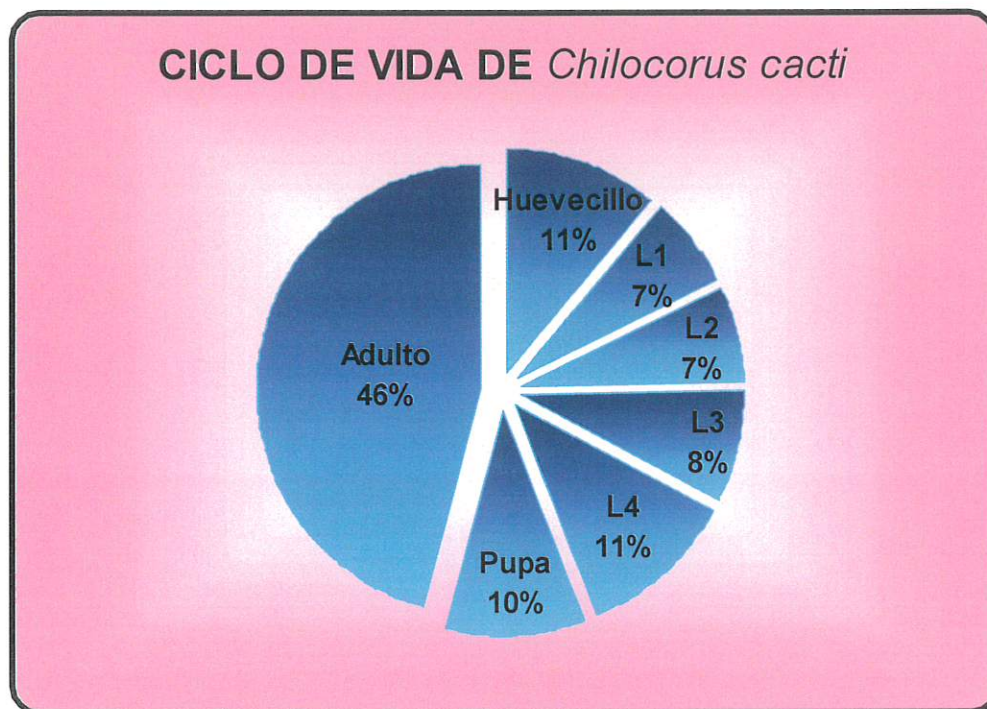


Figura 38. Duración de los estados de desarrollo de *C. cacti*, en porcentaje respecto a su ciclo biológico. Chapingo, México. 2007

La duración del ciclo de la catarinita alimentada con grana cochinilla aquí encontrada, es similar a la de Santana (2004) en el depredador *Hyperaspis trifurcata*, alimentado con la misma presa (grana), quien obtuvo que bajo condiciones de temperatura de 23°C, fotoperiodo de 12 horas luz y humedad relativa del 50%, la duración promedio del ciclo de vida fue de 90 días.

Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio no coinciden con los de Gordon (1985), quién reportó que la duración del ciclo de vida de los coccinélidos en general dura de 4 a 8 semanas (28 a 56 días), dependiendo de la especie, esto bajo condiciones naturales, lo cual indica que la cantidad de alimento proporcionada y el estrés al que se sometieron los depredadores en condiciones de cría en laboratorio pudo alargar el ciclo, porque influyó en un lento desarrollo de *C. cacti*.

4.2.3 Tasa de Consumo Neto de Alimento en Adultos de *Chilocorus cacti*.

Estos resultados se obtuvieron de un experimento en el que se alimentaron machos y hembras por separado, con base en cinco de cada sexo. Cada depredador individual se colocó en una caja petri y se alimentó con 1 cm³ de hembras adultas de grana, cada cinco días durante los 20 días que duró el experimento.

El consumo promedio por día de las hembras del depredador fue de 3.5 y el de los machos 3.0 presas (Figura 39). Esta pequeña diferencia numérica de consumo por sexo, sugiere que el sexo, y por lo tanto el tamaño, de los individuos puede influir en el consumo de alimento, ya que por el dimorfismo sexual, donde las hembras son más grandes que los machos, parece conducirlos a consumir mayor cantidad de presas.

Cuadro 10. Tasa de consumo neto de hembras y machos de *C. cacti* alimentados con grana durante 20 días. Chapingo, México. 2007

Día	Consumo de Machos	Consumo de Hembras
1	0	0
2	3	3.4
3	5.6	9.6
4	4.8	4.4
5	4.0	3.8
6	2.6	4.2
7	3.2	3.8
8	2.8	3.2
9	1.6	2.4
10	2.0	2.0
11	3.6	4.8
12	2.6	2.6
13	3.0	3.2
14	1.6	2.8
15	3.2	2.0

16	3.8	5.8
17	5.4	3.4
18	2.8	3.6
19	2.6	2.6
20	1.8	2.0
Promedio	3.0	3.5

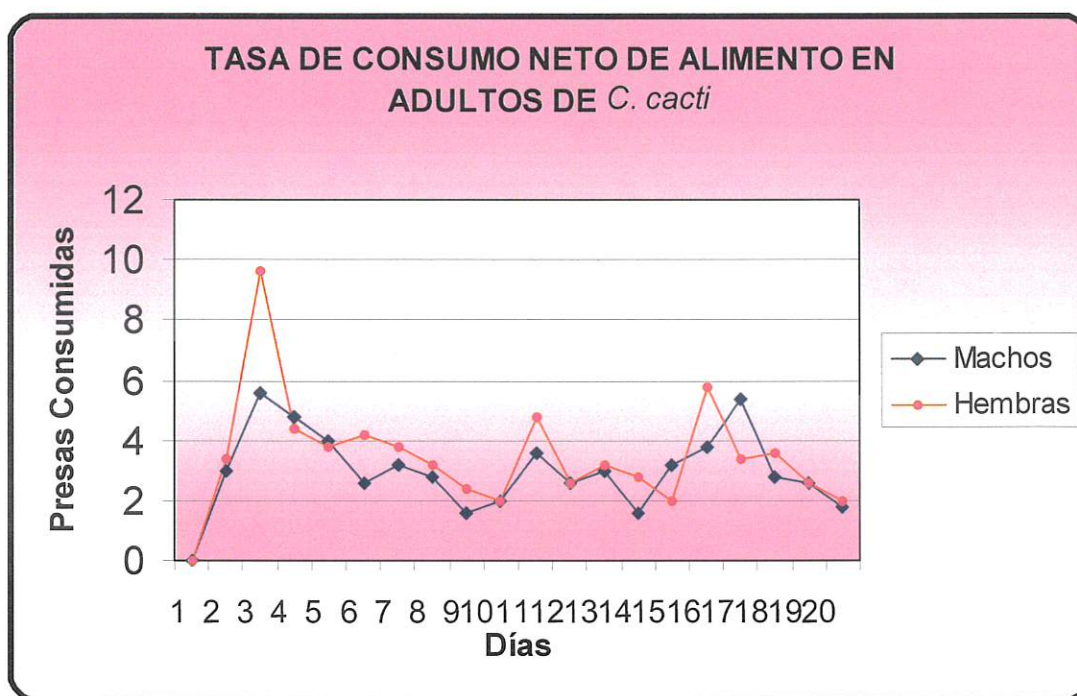


Figura 39. Tasa de consumo neto de hembras y machos de *C. cacti* alimentados con grana durante 20 días. Chapingo, México. 2007.

Estos resultados, contrastan con los encontrados por Santana (2004) quien no encontró diferencias en la tasa de consumo neto (1.5 presas por día indistintamente el sexo) de grana cochinilla entre machos y hembras adultos de *Hyperaspis trifurcata*, coccinélido depredador de tamaño más pequeño que *C. cacti*; éstos datos no son consistentes con los obtenidos en este experimento, sugiriendo que el tamaño de los depredadores puede influir en la cantidad de presas consumidas por día y que el dimorfismo existente en ambas especies solo influye en *C. cacti* y no así en *H. trifurcata*.

4.2.4 Canibalismo entre individuos de *Chilocorus cacti* L.

El canibalismo se determinó al combinar entre adultos, larvas y huevecillos colocados juntos y sin alimento en cajas petri.

En las tres pruebas realizadas entre adultos, juntos por sexo y entre sexos (pruebas 1, 2, y 3), no se observó canibalismo, ya que los adultos murieron al quedar varios días sin alimento, pero no se consumieron entre sí. El número de días, en promedio, que permanecieron con vida los individuos utilizados en este experimento se muestran en el Cuadro 11 y en la Figura 40. Nótese que las hembras tuvieron un periodo de vida más largo, tal vez por ser más grandes y con tener más reservas.

Cuadro 11. Número de días que permanecieron con vida los adultos de *C. cacti* sin alimento. Chapingo, México. 2007.

Prueba	Promedio Días con vida
1. 2 machos por caja petri	5.58
2. 2 hembras por caja petri	7.08
3. 1 hembra más 1 macho por caja petri	6.59

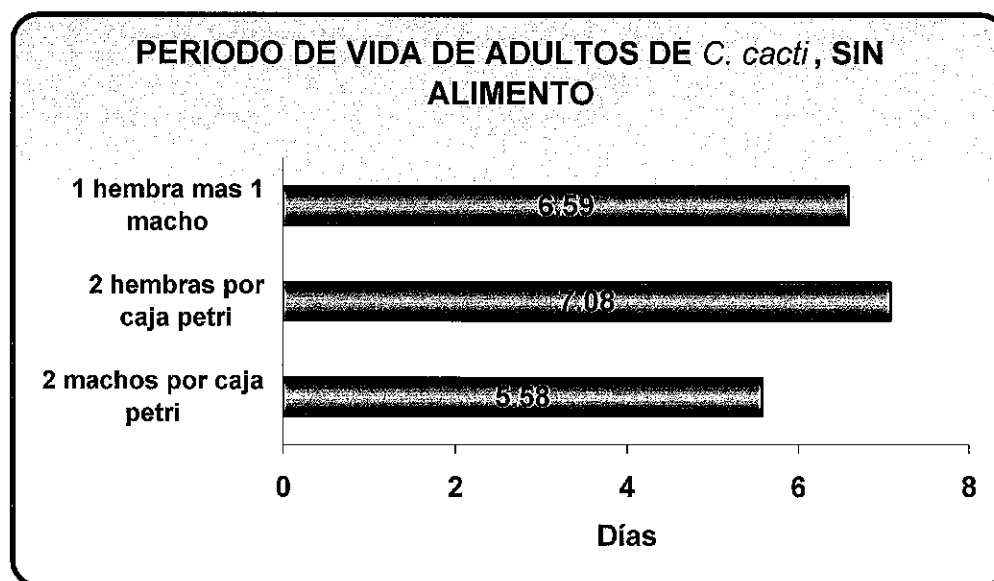


Figura 40. Periodo de vida de Adultos de *C. cacti*, sin alimento.

En el resto de las pruebas (de la 4 a la 16): adultos con huevecillos, larvas con larvas (de cada instar), lavas (de cada instar) con huevecillos y adultos con larvas (de cada instar), se encontró canibalismo (Figuras 41, 42, 43 y 44). El promedio de vida de los individuos que pudieron sobrevivir por canibalismo, de estas pruebas se muestra en el Cuadro 12 y la Figura 45.



Figura 41. Canibalismo entre larvas de *C. cacti*.
Chapingo, México. 2007

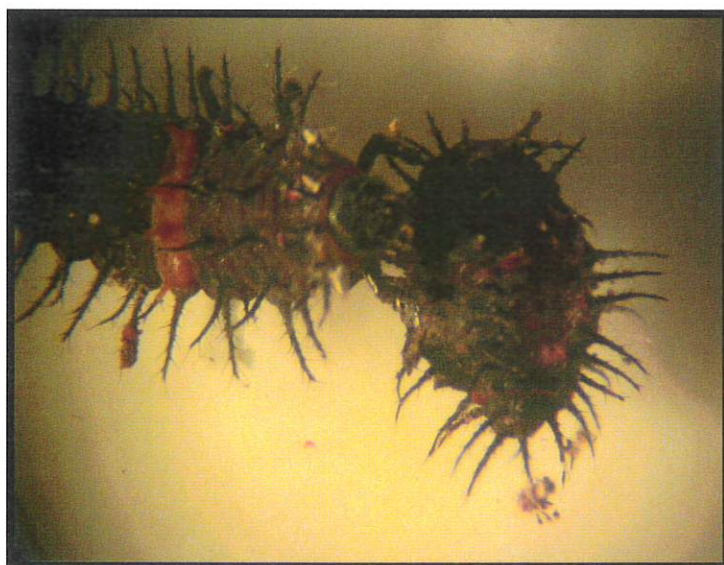


Figura 42. Canibalismo entre larvas de *C. cacti*
Chapingo, México. 2007



Figura 43. Canibalismo de Adultos hacia larvas de *C. cacti*
Chapingo, México. 2007



Figura 44. Restos de una larva depredada de *C. cacti*
Chapingo, México. 2007

Cuadro 12. Promedio de días que permanecieron con vida los individuos de *C. cacti* de las pruebas 4-16. Chapingo, México. 2007

Prueba	Combinación	Promedio Días con vida
4	1 adulto con 5 huev.	10.33
5	2 larvas de 1er instar	3.0
6	2 larvas de 2do instar	9.5
7	2 larvas de 3er instar	13.5
8	2 larvas de 4to instar	9.75
9	1 larva de 1er instar con 5 huev.	5.25
10	1 larva de 2do instar con 5 huev.	9.0
11	1 larva de 3er instar con 5 huev.	10.75
12	1 larva de 4to instar con 5 huev.	8.0
13	1 adulto con 1 larva de 1er instar	7.75
14	1 adulto con 1 larva de 2do instar	8.25
15	1 adulto con 1 larva de 3er instar	10.25
16	1 adulto con 1 larva de 4to instar	11.75

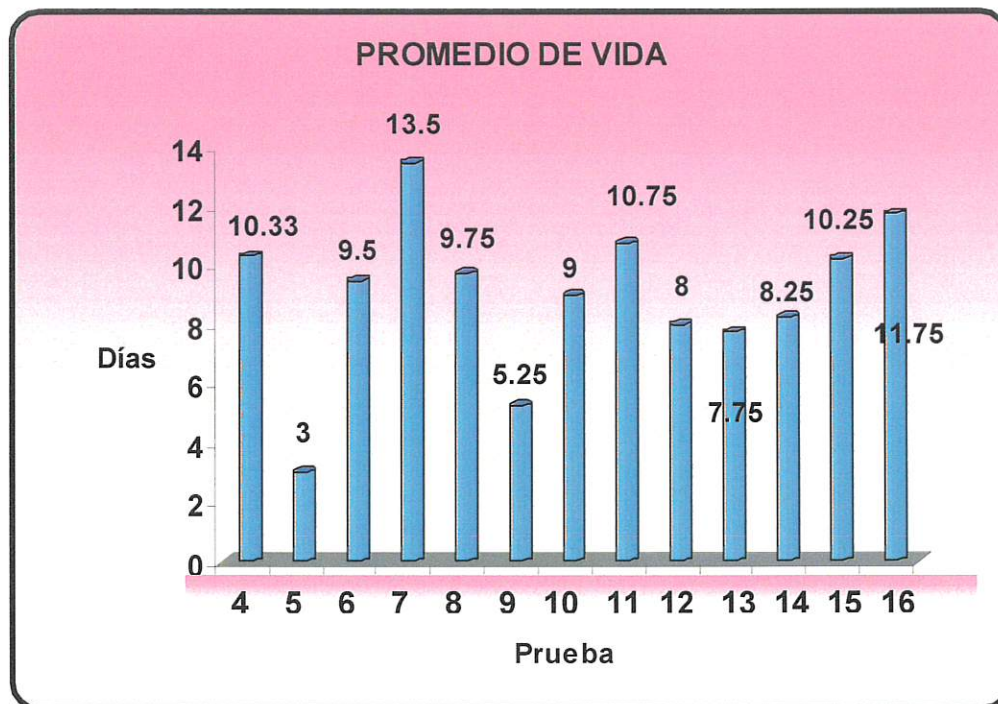


Figura 45. Promedio de días que permanecieron con vida los individuos de *C. cacti* de las pruebas 4-16. Chapingo, México. 2007

Drea *et al.*, (1990) mencionan que cuando la principal fuente de alimento no esta presente o es escasa puede presentarse el canibalismo, entre individuos de la misma especie, de huevos, larvas, pupas y adultos, en los coccinélidos, familia a la que pertenece *C. cacti*.

En contraste los resultados de este estudio no coinciden con los de Santana (2004), quién realizó pruebas de canibalismo con la especie *Hyperaspis trifurcata* y encontró que en estado larval y adulto, no hubo canibalismo, ya que tanto las larvas como los adultos de esta especie, murieron de hambre sin ejercer el canibalismo.

4.3 Respuesta Funcional de *Chilocorus cacti* L.

Se determinó con los resultados de un experimento para medir el comportamiento del consumo del depredador, al ofrecerle diferentes cantidades de presa, analizados según el modelo de Holling (1959).

La desviación estándar (S) y el coeficiente de correlación (r), para cada uno de los siete días de duración de la prueba obtenidos con la ayuda del programa Curve Expert 1.3, se muestran en el Cuadro 13.

En el Día 3 apareció la menor desviación (0.3863) y el mayor coeficiente de correlación (0.7545) entre presas depredadas (Ha) y la presas ofrecidas (H), por lo que se asumió que el tiempo óptimo de duración de la prueba (T) fue de tres días; lo que significa que es el tiempo en el que *C. cacti* estabilizó el número de presas (hembras de grana) consumidas y alcanzó su máxima capacidad depredadora (presas depredadas) (Cuadro 14).

Cuadro 13. Desviación estándar y coeficiente de correlación entre presas depredadas y presas ofrecidas por el tiempo de duración de la prueba de Respuesta Funcional de *Chilocorus cacti* sobre *Dactylopius* spp. Chapingo, México. 2007

Día	S	r
1	0.56949284	0.69916354
2	0.48176165	0.75398989
3	0.38634485	0.75454717
4	0.49250544	0.74518704
5	0.42736680	0.68777309
6	0.48779719	0.61978989
7	0.47512941	0.68401740

Los componentes del modelo de Holling linearizado ($1/H.T$) y $1/H_a$, que corresponden a los valores X_i y Y_i de las variables X y Y , calculados según el promedio de presas depredadas (H_a) y las presas ofrecidas (H) en el tiempo óptimo de duración de la prueba ($T=3$ días), y como requisito previo para realizar la regresión lineal simple con el modelo linearizado de Holling, con la ayuda del programa Curve Expert 1.3, se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Resultado de los componentes del modelo de Holling linearizado. Chapingo, México. 2007

Presas ofrecidas (H)	Repeticiones (Rep)	Total de rep. (Rep)(T)	Presas depredadas	Promedio de presas depredadas (H_a)	$1/(H.T)$ (X_i)	$1/H_a$ (Y_i)
3	8	24	44	1.83	0.11	0.55
5	6	18	43	2.39	0.07	0.42
7	4	12	37	3.08	0.05	0.32
9	3	9	26	2.89	0.04	0.35
11	3	9	29	3.22	0.03	0.31

La gráfica de la regresión lineal obtenida con el modelo de Holling se muestra en la Figura 46. El modelo de los datos estimados fue: $Y = 0.207 + 3.05 X$.

La pendiente o coeficiente de regresión β_1 obtenido para este modelo fue de 3.05, el cual no es interpretable de manera directa debido a que está en términos de inversos.

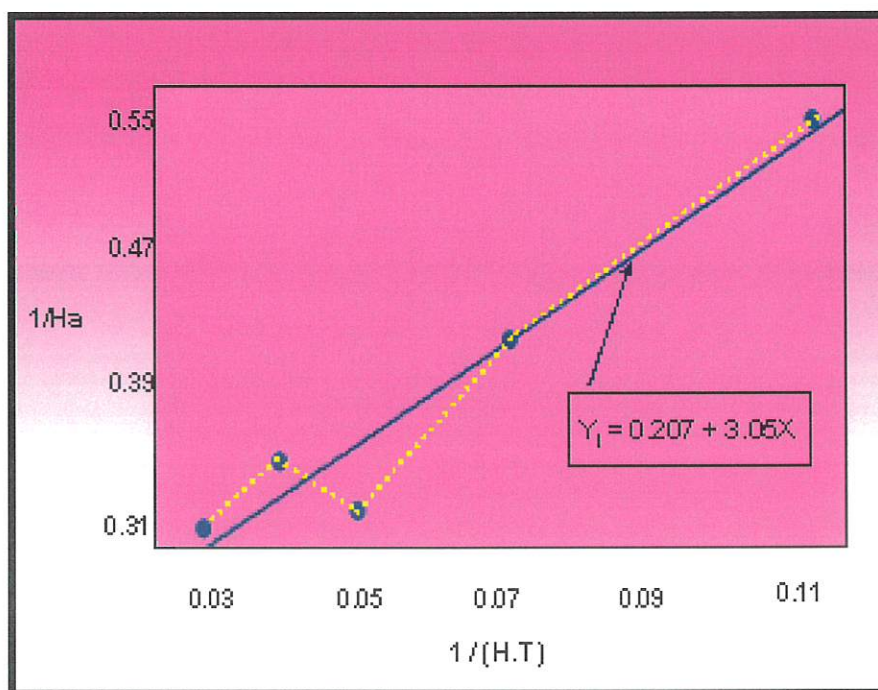


Figura 46. Regresión Lineal del Modelo de Holling. Chapingo, México. 2007

La gráfica del modelo de Holling (1959) de la respuesta funcional del depredador *Chilocorus cacti* L. sobre la presa *Dactylopius indicus* sin linearizar, durante el tiempo óptimo de duración de la prueba, se muestra en la Figura 47, la cual corresponde a la respuesta funcional Tipo II de Holling, en donde la cima de la curva indica que el depredador llega a un punto de saciedad, a partir del cual mantiene su capacidad depredadora, además de que su tasa de búsqueda es constante. El modelo de los datos estimados fue: $Y = 0.056 + 0.6514x + (-0.0341) x^2$.

El promedio de presas depredadas a densidades de 3, 5, 7, 9 y 11 presas fue de 1.83, 2.39, 3.08, 2.89 y 3.22 presas, respectivamente (Cuadro 14), lo que significa que a medida que se incrementa la densidad de presas ofrecidas el

depredador incrementa su voracidad hasta que llega a un punto en donde mantiene su capacidad depredadora o bien la disminuye, aunque se incremente la cantidad de presas ofrecidas.

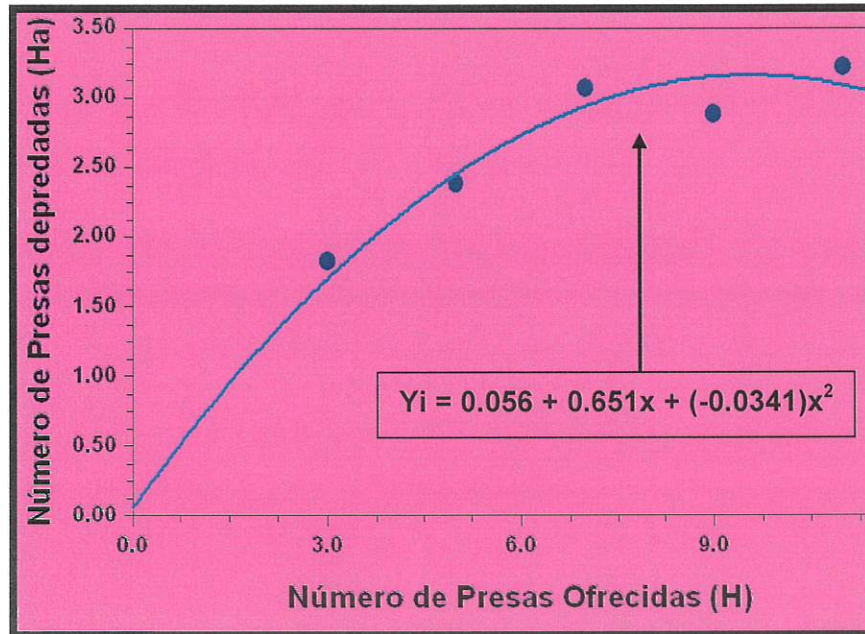


Figura 47. Gráfica del Modelo de Holling de la Respuesta Funcional de *Chilocorus cacti* sobre *Dactylopius indicus*, durante el tiempo óptimo de duración de la prueba. Chapingo, México. 2007

La cuantificación de la magnitud de la voracidad del depredador al aumentarle la cantidad de presas ofrecidas, se midió con regresión lineal simple para los dos tramos lineales obtenibles (en nuestro caso) de la curva del modelo no lineal de Holling (Gráfica 47). Esto es, la primera RLS se hizo para los tres primeros pares de valores incluido el origen; y la segunda, para los últimos tres pares de valores, más el origen.

La pendiente o coeficiente de regresión β_1 obtenido de la RLS para el primer tramo (de los tres primeros pares de valores incluido el origen) fue de 0.4894, lo que significa que por cada dos presas ofrecidas el número de presas depredadas se incrementa en 0.489 (Figura 48).

El correspondiente coeficiente de regresión β_1 obtenido la RLS para el segundo tramo (de los últimos tres pares de valores incluido el origen) fue de 0.3048, indicando que por cada dos presas ofrecidas el número de presas depredadas se incrementa en 0.3048 (Figura 49). Nótese que el segundo tramo, al incrementar el número de presas ofrecidas se reduce la voracidad (consumo) del depredador, respecto al primer tramo.

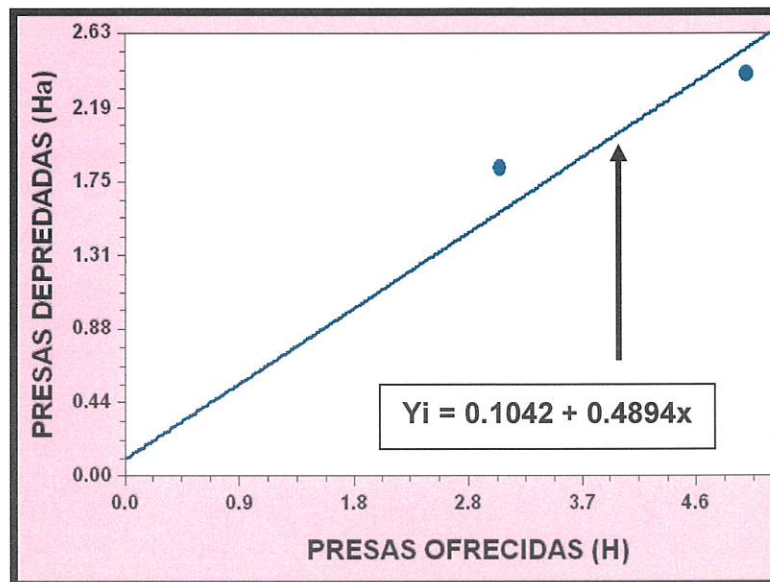


Figura 48. Regresión Lineal Simple de los tres primeros pares de valores de la regresión cuadrática de la Figura 47, incluido el origen. Chapingo, México. 2007

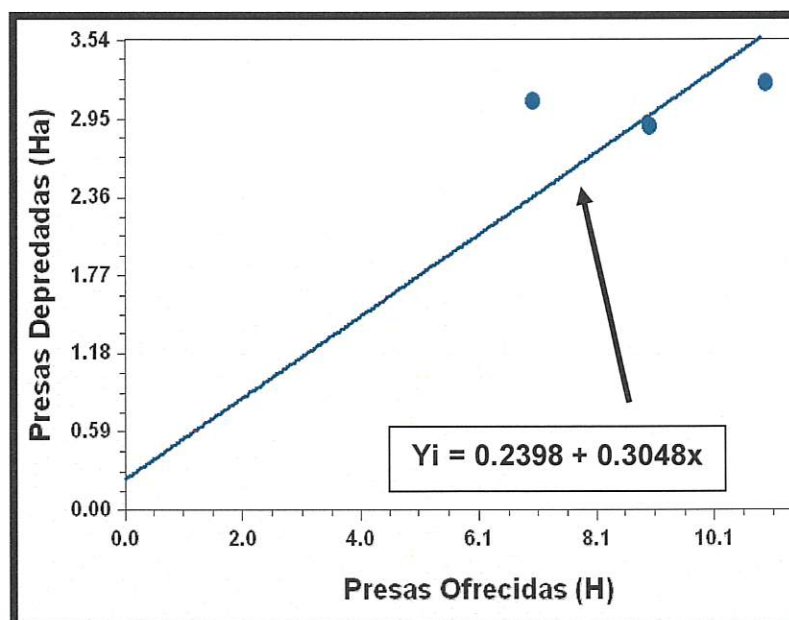


Figura 49. Regresión Lineal Simple de los últimos tres pares de valores de la regresión cuadrática de la Figura 47, más el origen. Chapingo, México. 2007

Los resultados obtenidos en este trabajo, son similares a los de Santana (2004); quien obtuvo que el depredador *Hyperaspis trifurcata*, alimentado con la presa *Dactylopius indicus*, bajo condiciones de temperatura de 23°C, fotoperiodo de 12 horas luz y humedad relativa del 50%, también presenta una respuesta funcional de tipo II.

La diferencia entre *Hyperaspis trifurcata* y *Chilocorus cacti*, está en que *H. trifurcata* alcanzó su máxima capacidad depredadora durante los primeros 5 días de duración de la prueba; mientras que *Chilocorus cacti*, la alcanzó durante los tres primeros días.

4.4 Respuesta Numérica de *Chilocorus cacti* L.

Se determinó con los resultados de un experimento para medir la tasa de reproducción del depredador *Chilocorus cacti*, en términos del número de huevecillos ovipositados en función de la cantidad de presas consumidas, por unidad de tiempo, mediante un análisis de regresión lineal simple, con tres conjuntos de pares de valores (X,Y): Huevecillos ovipositados (HO; en el eje Y) contra presas depredadas (PD; X en el eje X); Presas depredadas (PD; Y) contra presas ofrecidas (Tratamientos; X) y Huevecillos ovipositados (HO; Y) contra presas ofrecidas (Tratamiento; X), empleando el programa SAS.

Los huevecillos ovipositados (HO) por el depredador *C. cacti* alimentado con 4, 6, 8, 10 y 12 presas de granas adultas fue de 141.8, 169.2, 199.8, 325.0 y 349.8 respectivamente; lo que indica que a medida que se incrementa la densidad de presas ofrecidas, el depredador aumenta significativamente su tasa de reproducción (el número de huevecillos ovipositados) (Cuadro 15).

El promedio de presas depredadas (PD) por el depredador *C. cacti* alimentado a densidades de 4, 6, 8, 10 y 12 presas de granas adultas fue de 97.4, 155.8,

175.0, 211.0 y 226.8 presas, respectivamente. A medida que se incrementó la densidad de presas ofrecidas, el depredador aumentó significativamente su voracidad, porque consumió mayor cantidad de presas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Promedio de presas depredadas (PD) y huevecillos ovipositados (HO), por el depredador *Chilocorus cacti* L. alimentado con diferente número de presas *Dactylopius indicus*, Chapingo, México. 2007

Presas ofrecidas por día	Repeticiones	Promedio de presas depredadas	Promedio de huevecillos ovipositados
T1 = 4	5	97.4 A	141.8 A
T2 = 6	5	155.8 B	169.2 B
T3 = 8	5	175.0 C	199.8 C
T4 = 10	5	211.2 D	325.0 D
T5 = 12	5	226.8 E	349.8 E
DMS	—	3.03	8.85

DMS: Diferencia Mínima Significativa; Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

La Respuesta Numérica (número de huevecillos ovipositados en función de la cantidad de presas consumidas) del depredador *Chilocorus cacti* alimentado con hembras adultas de grana *Dactylopius indicus* (presa), según las regresiones lineales simples posibles entre huevecillos ovipositados (HO), presas depredadas (PD) y presas ofrecidas (PO), obtenidas mediante el programa SAS, se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Respuesta Numérica del depredador *Chilocorus cacti* alimentada con *Dactylopius indicus*, según las Regresiones Lineales Simples posibles entre huevecillos ovipositados, presas depredadas y presas ofrecidas. Chapingo, México. 2007

Modelo Número	Modelo de RLS	Pendiente (β_1)	Variables Relacionadas	
			X	Y
1	HO = 2.332 + 1.238 (Tra)i	1.238**	Tra	HO
2	PD = 2.652 + 0.559 (Tra)i	0.559**	Tra	PD
3	HO = 3.336 + 0.636 (PD)i	0.636**	PD	HO

HO: Huevecillos ovipositados; PD: Presas depredadas; Tra: Presas ofrecidas; **Altamente significativo. Modelo 1. Dinámica de huevecillos ovipositados en función de presas ofrecidas; Modelo 2. Dinámica de presas depredadas en función de presas ofrecidas y Modelo 3. Dinámica de los huevecillos ovipositados en función de las presas depredadas.

4.4.1 Dinámica de los huevecillos ovipositados en función de las presas ofrecidas

La pendiente o coeficiente de regresión β_1 obtenido para el modelo 1, de la RLS entre la cantidad de presas ofrecidas (Tra) a los depredadores y los huevecillos ovipositados (HO) por las hembras de cada pareja de depredadores fue de 1.238 y altamente significativa; lo que significa que por cada dos presas ofrecidas de grana cochinilla, el número de huevecillos ovipositados por las hembras del depredador *C. cacti* se incrementó en 1.238 (Figura 50).



Figura 50. Relación de presas ofrecidas (Tratamientos) y Huevecillos ovipositados (HO). Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas, respectivamente. Chapingo, México. 2007

4.4.2 Dinámica de las presas depredadas en función de las presas ofrecidas

El coeficiente de regresión β_1 obtenido para el modelo de la RLS entre la cantidad de presas de grana cochinilla ofrecidas (PO) a las parejas de depredadores y el número de presas depredadas por éstas (PD) (modelo 2), fue de 0.554 y altamente significativo; lo que significa que por cada dos presas ofrecidas el número de presas depredadas se incrementa en 0.554 (Figura 51).

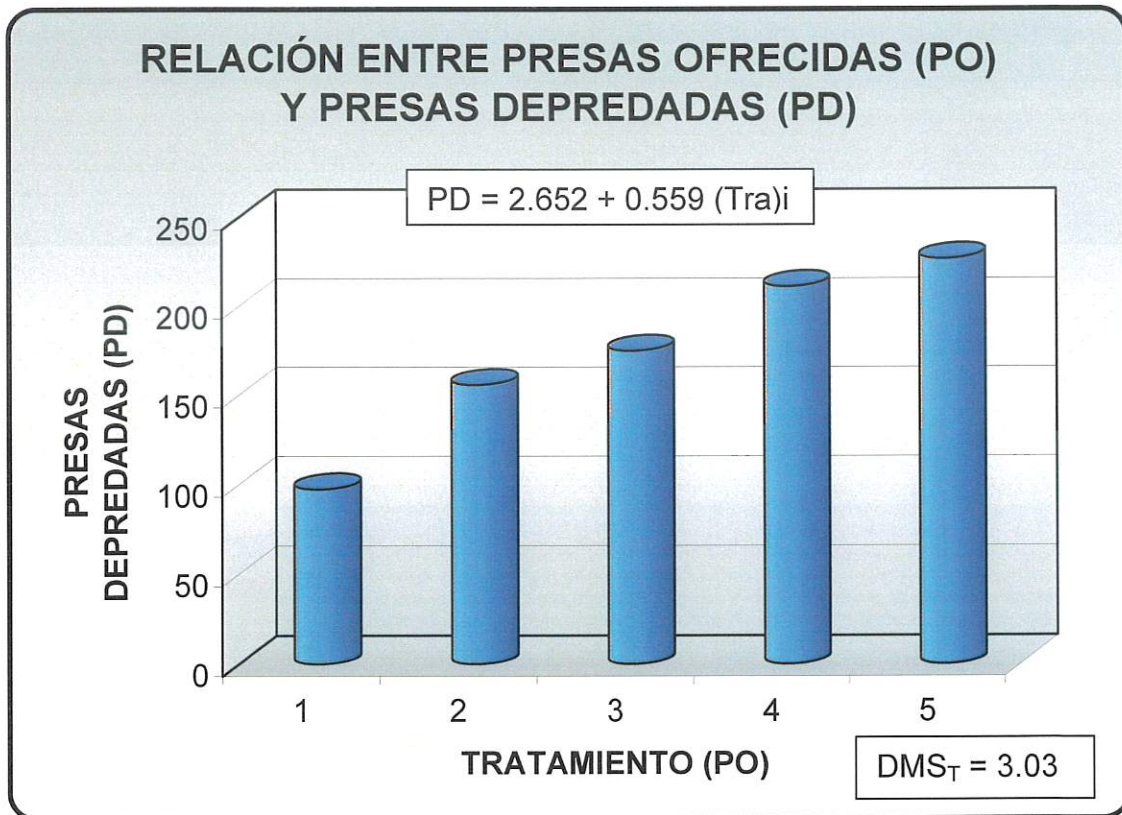


Figura 51. Relación de presas ofrecidas (Tratamientos) y presas depredadas (HO). Donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a 4, 6, 8, 10 y 12 presas ofrecidas Chapingo, México. 2007

4.4.3 Dinámica de huevecillos ovipositados según las presas depredadas

La pendiente β_1 obtenida para el modelo de la RLS entre la cantidad de presas de grana cochinilla depredadas (PD) por las parejas de depredadores de *C. cacti* y el número de huevecillos ovipositados (HO); por las hembras del depredador (modelo 3) fue de 0.636 y significativa. Esto significa que por cada dos presas depredadas se incrementó el número de huevecillos ovipositados en 0.636 (Figura 52).

En general, a medida que se incrementó la cantidad de presas ofrecidas de grana cochinilla al depredador, se incrementó tanto la cantidad de presas depredadas como el número de huevecillos ovipositados por el depredador *C. cacti*.

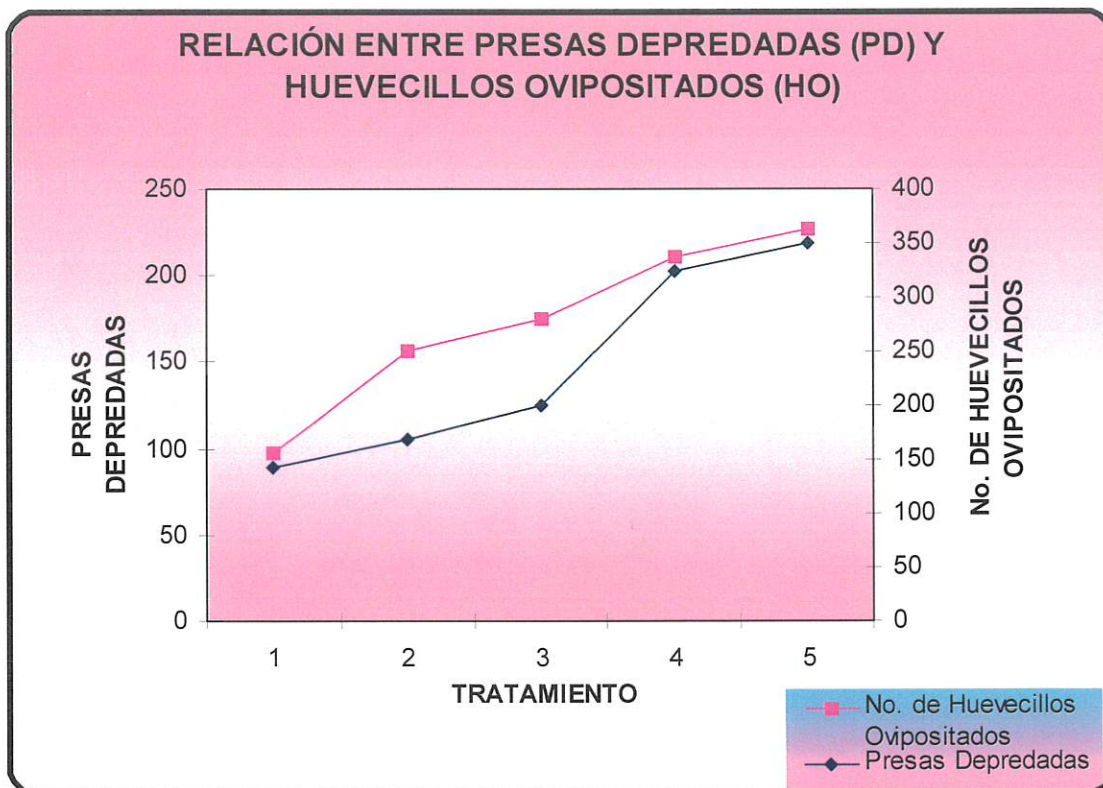


Figura 52. Relación entre presas depredadas y huevecillos ovipositados; donde 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a los tratamientos (numero de presas ofrecidas: 4, 6, 8, 10 y 12 presas por día). Chapingo, México. 2007-11-21

Los resultados obtenidos en este trabajo, son similares a los de Santana (2004); quien obtuvo que el depredador *Hyperaspis trifurcata*, alimentado con la presa *Dactylopius indicus*, bajo condiciones de temperatura de 23°C, fotoperiodo de 12 horas luz y humedad relativa del 50%, incrementa su tasa reproductiva (número de huevecillos ovipositados) y su voracidad, al incrementar el número de presas ofrecidas.

5. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

1. La especie de la catarinita depredadora de la grana cochinilla del cultivo de nopal verdura en Milpa Alta D.F., México se identificó como *Chilocorus cacti* L., en función de la morfología distintiva de los adultos (hembras y machos) y de la genitalia de los machos.
2. Las características morfológicas de huevecillos, larvas, pupas y adultos mostradas por el depredador *Chilocorus cacti* L. descritas en este estudio, fueron consistentes con las pre-establecidas en la literatura.
3. El ciclo de vida de la catarinita (*Chilocorus cacti* L.) depredadora de la grana cochinilla (*Dactylopius indicus*) alcanzó 88.54 días. El huevecillo duró 9.84 días para eclosionar (11%); los estadios larvales L₁, L₂, L₃, y L₄ duraron 5.84, 6.1, 7.26 y 10.14 días en promedio, respectivamente (7%, 7%, 8%, 11%, de su ciclo); mientras que la pupa y el adulto alcanzaron 8.72 y 40.64 días en promedio respectivamente (10 y 46%, de su ciclo), con una temperatura de 24.5°C y una humedad relativa de 43.5%.
4. La oviposición de las hembras adultas del depredador *C. cacti*, ocurrió principalmente sobre la cera secretada por las presas adultas de la grana cochinilla; y en menor proporción, tanto encima como debajo de la tela de organza colocada en las “ventanas” de las tapas de las cajas petri utilizadas como jaulas.
5. La tasa observada de consumo neto de alimento por día, de las hembras y los machos del depredador *C. cacti* fue de 3.5 y 3.0 presas respectivamente. Por lo que el sexo, y por lo tanto el tamaño, de los

depredadores puede influir en el consumo de alimento, ya que por el dimorfismo sexual las hembras son más grandes que los machos.

6. La especie *C. cacti* no registró canibalismo entre adultos; aunque si lo presentó entre larvas con larvas, larvas con huevecillos y adultos con huevecillos.
7. El consumo del depredador *Chilocorus cacti* L. en función de la oferta de presas de grana (respuesta funcional), correspondió a la respuesta Tipo II de Holling, en la que se alcanza un nivel de saciedad.
8. Según la respuesta funcional, por cada aumento de dos presas ofrecidas de grana *Dactylopius indicus*, el número de presas depredadas por la catarinita *Chilocorus cacti* L., en la primera etapa fue de 0.489, mientras que la segunda etapa tan solo de 0.3048 presas, dentro del intervalo de valores estudiados. Así lo indicó el análisis de regresión lineal simple de presas ofrecidas (X) sobre presas depredadas (Y) en dos segmentos lineales determinados con base en el modelo cuadrático de Holling.
9. En general, al cuantificar la dinámica de la respuesta numérica, se encontró que al aumentar la cantidad de presas ofrecidas de grana cochinilla, el depredador *C. cacti* incrementó el número de huevecillos ovipositados y de presas depredadas.
10. Por cada dos presas ofrecidas (X), el número de huevecillos ovipositados por el depredador *Chilocorus cacti* (Y) se incrementó en 1.238, según un análisis de regresión lineal simple.
11. Según un análisis de regresión lineal simple, el número de presas depredadas (Y) se incrementó en 0.554 presas, por cada dos presas ofrecidas(X).

12. Por cada dos presas depredadas (X) el número de huevecillos ovipositados (Y) se incrementó en 0.636, según la regresión lineal simple.

6. LITERATURA CITADA

- Altamirano, H. M. C. 2003. Plagas presentes en el cultivo del nopal (*Opuntia* spp) en las zonas productoras del Estado de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Aquino, P. G. 1991. Estudio Cromosómico en cuatro tipos de cochinilla (*Dactylopius* spp) (Homoptera: Dactylopiidae) del Nopal (*Opuntia* spp). Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados, México.
- Barbera, G., Inglese, P, y Pimienta, B. 1995. Agroecología, Cultivo y Usos del Nopal. FAO. 226 p.
- 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 p.
- Booth, R. G., Cox, M. L. Y 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. pp 82, 85-88.
- Borror, D. J. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders Collage Publishing Philadelphia. 6ª ed. U. S. A. 404 p.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Instituto de Biología. U. N. A. M. México. 235 p.
- Campos, B. A. 1996. Identificación del agente causal de la pudrición café del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* L.) Millar en Milpa Alta D.F. Tesis de

Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Cohen, A. C. 1992. Using a systematic approach to develop artificial diets for predators. En: T. E. Anderson and N. C. Leppla, eds. *Advances in Insects Rearing for Research and Pest Management*. Westview Press, San Francisco. pp 77-91.

Crawley, M. J. 1975. The Numerical Response of Insect Predators to Changes in Prey Density. *Journal Anim. Ecol.* 44: 877-892.

De Bach, P. 1985. *Biological control by natural enemies*. University of California. Riverside Published by the syndics of the Cambridge University Press. New York. 323 p.

DeBach, P. And Rosen, D. 1990. *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge University Press. pp 62-67.

Díaz, I. A. 2006. Identificación y Fluctuación poblacional de una especie de *Chilocorus* sp., en Santo Domingo Axapusco, Estado de México. Tesis Profesional. Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. pp 9-28.

Drea Scale Insects, Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier Science Publisher B. V. pp 19-33. En: Rosen. D. Armored.

Enkerlin, H. E., Cano, C. G., Garza, C. R. y Vogel, M. E. 1997. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Thomson Editores. México. 690 p.

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 de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 72 p.
- Flores, V. C. y Corrales, G. J. 2003. Nopalitos y Tunas. Producción, Comercialización, Poscosecha e Industrialización. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. pp 1-209.
- García, B. A. 2000. Principales Plagas Insectiles del Nopal Tunero en el estado de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. pp 67-73.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. Journal of New York Entomology Society. Vol. 93: 911.
- Gilreath, E. M. y Smith, J. W. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopidae), exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (Cactaceae). Environ. Entomol. 17 (4): 730-738.
- Gilbert, F., Rotheray, G., Emerson, P, y Zafar, R. 1994. The evolution of feeding strategies. En: P. Eggleton and R. Vane-Wright, eds. Phylogenetics and Ecology. Linnean Society of London, Symposium Series No. 17. 323-342p.
- Granados, S. D. y Castañeda, P. A. 1991. El nopal, Historia, Fisiología, Genética e Importancia frutícola. Ed. Trillas, México.
- Hagen, K. S. 1987. Nutritional ecology of terrestrial predators. En: F. Slansky and J. G. Rodríguez, eds. Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spider and Related Invertebrates. John Wiley, New York. 533-577 p.

- Holling, C. S. 1959. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism. *Can. Ent.* 91: 385-398 p.
- Holling, C. S. 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.
- Hussein, M. Y. y 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 p.
- Instituto Nacional de Ecología. 1994. Nopal tunero *Opuntia* spp. Cultivo alternativo para las Zonas áridas y semiáridas de México. 61 p.
- Krebs, Ch, J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2ª Ed. Harper y Row. México. 753 p.
- Llenderal, C. C. y Nieto, H. R. 2001. Producción de grana cochinilla. Colegio de postgraduado. Instituto de Fitopatología. México. pp 23-30.
- MacGregor, L. y Sanpedro R. G. 1984. Catálogo de cocidos mexicanos Familia *Dactylopiidae* (Homoptera: Coccidea). *Manuales del Instituto de Biología. U. N. A. M. México* 54. Ser. Zool: 217-233.
- Mann, J. 1969. Cactus-Feeding, Insects and Mites. Smithsonian Institution. Museum of Natural History. pp 138-151.
- Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Florida Entomologist* 84: 608-612.

- Morales, V. S. 2005. identificación y descripción morfológica de la catarinita de dos machas (*Chilocorus* spp.) en la Delegación de Milpa Alta, México, D. F. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 54p.
- 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 p.
- Oaten, A and Murdoch, W. W. 1975. Functional response and stability in predator-pre systems. *Am. Nat*, 109: 289-298 p.
- Palomares, P. M. 2006. Etiología del cacarizo del nopal verdura (*Opuntia* spp) en Milpa Alta, D.F. Tesis de Maestría. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Pantaleón, B. E. 1990. Principales especies depredadoras de insectos de las familias: Coccinellidae, Carabidae y Melyridae. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. pp. 29-30.
- Piña, L. L. 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 Zonas Áridas. Bermejillos, Durango. México. 77 p.

- 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 tintoriales de México. Secretaría de Fomento. México. pp. 146-175.
- SAGARPA, 1998. La producción de nopal (tuna y verdura) en México. Dirección General de Agricultura. SAGAR, México.
- Santana, O. N. 2004. Biología y Determinación de la Respuesta Funcional y Numérica de *Hyperaspis trifurcata* Scheaffer (Coleoptera Coccinellidae). Tesis de Maestría en Protección Vegetal, Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 69p.
- Santiago, L. 2002. Morfología de Catarinitas Depredadoras (Coleoptera: Coccinellidae) en México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 22-24.
- Schenk, D. and Bacher, S. 2002. Functional response of a generalist insect predator to one of its prey species in the field. *Journal of Animal Ecology* 71: 524-531.
- SIACON. 2006. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- Strand, M. R., Obrychi, J. J. 1996. Host specificity of insect parasitoids and predators. *Bioscience*. 46: 422-429.
- Tanada, Y y H. K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. 666p.

- Trujillo, J. A. 1993. Metodologías para el desarrollo del programa de control biológico. Memoria. IV Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. UANL. Monterrey, México.
- Vejar, C. G. 1989. Metodologías en la cría de insectos. Memorias de la práctica profesional. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Instituto Tecnológico de los Mochis, Sinaloa, México. pp. 17-18.
- Ville, C. A. 1978. Biología. Editorial Interamericana. México. D. F. 803 p.
- Walton, S. 1980. Biocontrol agents prey on pests and pathogens. *BioScience*. 30: 445-447.
- Williams, D. J. and Watson G. W. 1990. The scale Insects of the Tropical South Pacific Region. Part 3. The Soft Scales (Coccidae) and Other Families. CAB. International Institute of Entomology. pp. 55-57.

Apéndice 1. Clave de identificación para especies de *Chilocorus*, realizada por Gordon, 1985.

1. Élitro café o rojizo con tres pequeñas manchas discales en la línea transversal, parcialmente fusionada.....*bipustulatus* (L.)
- 1a. Élitro negro o café, con una mancha amarilla o roja.....(2)
2. Una mancha sobre el élitro, en la parte media o ligeramente más abajo.
Forma circular.....*kuwanae* Silvestre
- 2a. Una mancha sobre la parte anterior o media del élitro; forma alargada o circular.....3
3. Superficie ventral de color roja o amarilla, solo el prosterno es negro.....4
- 3a. Superficie ventral de color negro, abdomen rojo o amarillo.....5
4. Forma circular fuertemente convexa; manchas pequeñas sobre los élitros. Se encuentra en los estados del Atlántico medio.....*tumidus* Leng
- 4a. Forma oval no fuertemente convexa mancha grande sobre el élitro; se localiza en el sureste de los Estados Unidos de Norte América....*cacti* (L.)
5. Especies conocidas solo en California.....6
- 5a. Especies que no se encuentran en California.....7
6. Parámetros con setas largas, aproximadamente de 103 a 159 setas por parámetro. Las setas se encuentran en el margen interno extendiéndose hasta la parte media basal.....*orbis* Casey
- 6a. Parámetros con setas cortas aproximadamente de 47 a 88 setas por parámetro, las setas se encuentran sobre el margen interno confinado a la parte media apical.....*fraternus* LeConte
7. Especies que se encuentran desde las costas del Atlántico hasta las montañas rocosas en Alberta, y la Sierra de Nevada en los Estados Unidos. Cariotipo $2n = 22 + s$*stigma* Say
- 7a. Especies que se encuentran desde el sureste de Alberta y Saskatchewan hasta Columbia Británica, Canadá.....8
8. Cariotipo $2n = 14$*hexacyclus* Smith
- 8a. Cariotipo $2n = 20$*tricyclus* Smith