



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

PARASITOIDES DEL GUSANO ROJO DEL MAGUEY

Comadia redtenbacheri HAMM.

DULCE AZUCENA HERNÁNDEZ ZETINA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis titulada: PARASITOIDES DEL GUSANO ROJO DEL MAGUEY *Comadia redtenbacheri* HAMM. realizada por la alumna DULCE AZUCENA HERNÁNDEZ ZETINA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:


DRA. CELINA LLANDERAL CÁZARES.

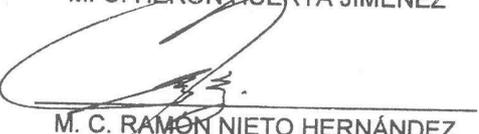
ASESOR:


DR. HÉCTOR M. DE LOS SANTOS POSADAS

ASESOR:


M. C. HERÓN FUERTA JIMÉNEZ

ASESOR:


M. C. RAMÓN NIETO HERNÁNDEZ

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, julio 2009

PARASITOIDES DEL GUSANO ROJO DEL MAGUEY *Comadia redtenbacheri* HAMM.

Dulce Azucena Hernández Zetina, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2009

El gusano rojo del maguey (*Comadia redtenbacheri*) es utilizado como alimento en varios estados de México. El largo ciclo de vida, la depredación humana y natural, la destrucción de su hábitat durante la colecta y el consecuente incremento en el costo para su consumo han reducido las poblaciones del insecto, por lo que se busca la implementación de un sistema de manejo del insecto. Se obtuvieron muestras de campo y comerciales de *Comadia redtenbacheri* para coleccionar a los parasitoides que afectan su desarrollo larval. Se encontraron como especies parasíticas al taquinido *Acantholespesia texana* (Aldrich & Webber) que se reporta como un nuevo registro para México y al himenóptero *Lissonota fascipennis* Townes, un nuevo registro para el hospedero y en el país. Tomando en cuenta los síntomas y signos causados por los parasitoides en el gusano rojo del maguey, se generó un modelo de riesgo con base en el peso y el tipo de lesión que presentan las larvas. Las principales lesiones relacionadas son aquellas ventrales laterales con presencia de melanización y con un orificio que indica el punto de entrada del parasitoide. Además se determinó la relación entre el peso de la larva y la medida de la cápsula cefálica, con objeto de generar un modelo de regresión que estime el instar de manera indirecta, lo que facilita la selección de individuos maduros y sanos del gusano rojo que se utilizarán para iniciar un pie de cría.

Palabras clave: *Agave*, insecto comestible, endoparasitoides, pie de cría, modelo de riesgo.

PARASITOIDS OF THE AGAVE RED WORM *Comadia redtenbacheri* HAMM.

Dulce Azucena Hernández Zetina, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2009

The agave red worm (*Comadia redtenbacheri*) is used like food in several states of Mexico. Their long life cycle, human (and natural) depredation, the destruction of its habitat during collects, and the increase of the demand, have reduced the populations of the insect reason why the implementation of a system of handling of the insect is necessary. Commercial and field samples of *Comadia redtenbacheri* were obtained in order to collect the parasitoides that affecting their larval development. The parasitic species found were the taquinid *Acantholespesia texana* (Aldrich & Webber) is reported as a new record register for Mexico while the hymenopter *Lissonota fascipennis* Townes is a new record for host and the country. Based on the symptoms and signs caused by the parasitoids a risk model for parasitism was generated using as predictors larvae weight and type of injury. The main related injuries are ventral / lateral with presence the melanization with a orifice that indicates the entry point of the parasitoid. In addition the relationship between the larva's weight and cephalic capsule measurement was determined to generate a regression model to estimate the larvae instar indirectly, to facilitate the selection of mature and healthy individuals for breeding.

Key words: *Agave*, edible insect, endoparasitoids, breeding, risk model.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi papá, mamá y hermanas que me han apoyado incondicionalmente y que han estado en los momentos difíciles para darme ánimo cuando las cosas parecían de color gris.

A la Dra. Celina Llanderal por su tiempo, apoyo y consejos laborales y personales para que este trabajo se llevara a cabo.

Al Dr. Héctor de los Santos por su tiempo, comentarios, sugerencias y dedicación.

Al M. C. Ramón Nieto por su tiempo, datos y comentarios que aumentaban la información y calidad del trabajo.

Al M. C. Herón Huerta por su tiempo, consejos y amistad sin condición.

A la maestra Rebeca Peña por su entera amistad y consejos que desde antes permitieron la realización de este trabajo.

A todas las personas que estuvieron involucradas (especialistas, voluntarios, profesores y amistades) en este proyecto y que de manera directa e indirecta ayudaron para su culminación.

Agradezco a Dios y a la vida las situaciones a las que me he enfrentado para que no me dejara caer y que me diera cuenta que vale la pena seguir adelante pase lo que pase.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Juan Hernández Cruz y María del Carmen Zetina Bustamante, quienes han sido el pilar de toda mi vida con su apoyo y consejos.

A mis hermanas Dalia y Violeta, por sus infinitas “porras”, haciéndome más ameno el trabajo pesado y los desvelos. También a mi sobrina Abi, que ha sido un regalito de Dios.

A Nestor mi esposo, que ha mostrado gran interés en mí y en mi trabajo, además de que estuvo al pendiente de que finalizará con éxito esta investigación.

A pesar de las situaciones personales a las que me enfrenté, se que siempre hay luz al final del túnel y pase lo que pase siempre es necesario SEGUIR ADELANTE para llegar y cumplir las metas que uno se propone...por que si no lo haces tú, nadie lo hará por ti.

CONTENIDO

	Página
CAPITULO 1. Introducción General	1
1.1. Revisión de Literatura	1
1.2. Objetivo General	5
Literatura Citada	5
CAPITULO 2. Identificación de dípteros e himenópteros parasitoides de <i>Comadia redtenbacheri</i> Hammerschmidt.	8
Resumen	8
2.1. Introducción	8
2.2. Materiales y Métodos	9
2.2.1. Obtención del material biológico	9
2.2.2. Montaje y preservación	10
2.2.3. Identificación	10
2.2.4. Monitoreo con la trampa Malaise	11
2.3. Resultados y Discusión	11
2.3.1. <i>Acantholespesia texana</i> (Diptera: Tachinidae)	13
2.3.2. <i>Megaselia sp.</i> (Diptera: Phoridae)	15
2.3.3. <i>Lissonota fascipennis</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae)	16
2.3.4. Colecta con la trampa Malaise	19
2.4. Conclusiones	21
Literatura Citada	21
CAPITULO 3. Caracterización de larvas de <i>C. redtenbacheri</i> afectadas por endoparasitoides.	24
Resumen	24
3.1. Introducción	24
3.2. Materiales y Métodos	24
3.2.1. Obtención del material biológico	24
3.2.2. Inspección interna de las larvas huéspedes para registrar la presencia de parasitoides	26
3.3. Resultados y Discusión	27
3.3.1. Maguey	27
3.3.2. Diagnóstico	28
3.3.3. Conclusiones	33
Literatura Citada	33
CAPITULO 4. Determinación indirecta del instar en larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> Hamm.	35
Resumen	35
4.1. Introducción	35
4.2. Materiales y Métodos	36
4.2.1. Material biológico	36
4.2.2. Registro del peso de larvas y medida de la cápsula cefálica	36
4.2.3. Frecuencia relativa de <i>C. redtenbacheri</i> Hamm.	37
4.3. Resultados y Discusión	37
4.4. Conclusiones	41
Literatura Citada	41
CAPITULO 5. Análisis de riesgo de parasitismo en larvas de <i>C. redtenbacheri</i> Hamm.	43
Resumen	43

5.1. Introducción	43
5.2. Materiales y Métodos	44
5.3. Resultados y Discusión	45
5.4. Conclusiones	48
Literatura Citada	49
ANEXOS	51
1. Registro de larvas parasitadas de gusano rojo de maguey en muestras de campo y comercial	
2. Variables medidas en plantas de maguey (<i>A. salmiana</i>) en la localidad de San Juan Tianguistongo, Hueypoxtla, México	
3. Modelos generados para el análisis de riego	
4. Determinación del instar (manera indirecta)	
5. Probabilidad de parasitismo de <i>C. redtenbacheri</i> de acuerdo al peso y tipo de lesión	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Parasitoides encontrados en larvas de <i>C. redtenbacheri</i> mantenidas en el laboratorio durante el periodo 2006-2007.	11
2. Géneros encontrados por medio de la trampa Malaise Coyotepec, Otumba, México.	20
3. Instares estimados a partir del peso para el total de la muestra de <i>C. redtenbacheri</i> .	40
4. Parámetros estimados para el modelo de riesgo de parasitismo de <i>C. redtenbacheri</i> .	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Larvas de <i>C. redtenbacheri</i> aisladas de manera individual en vasos, para la emergencia de los parasitoides adultos.	9
2. Charolas de pupación, dentro de cajas de madera utilizadas para la emergencia de adultos.	10
3. Trampa Malaise ubicada en Coyotepec, Mpo. de Otumba, Edo. de México.	11
4. Parasitismo en el gusano rojo del maguey (<i>C. redtenbacheri</i> Hamm.).	12
5. <i>A. texana</i> . a) Vista de la cabeza. b) Ojos cubiertos por pelos densos. c) Hembra con ovipositor telescópico y rígido. d) Cuerpo en donde se observa el tórax de color gris y franjas oscuras.	13
6. Huevos de <i>Acantholespesia texana</i> . En las dos imágenes inferiores se observan a través del corion las larvas desarrolladas.	14
7. Pupa de <i>Megaselia</i> sp. (Phoridae).	15
8. Preparación fija del abdomen de <i>Megaselia</i> sp. (Phoridae).	16
9. Preparación fija de la cabeza de <i>Megaselia</i> sp. (Phoridae).	16
10. <i>Lissonota fascipennis</i> . a) Hembra de cuerpo completo. b) Cabeza y	

tórax, donde se observan también las patas delgadas con dos uñas	
c) Ala anterior. d) Abdomen y ovipositor.	17
11. Larvas de <i>L. fascipennis</i> encontradas en larvas de <i>C. redtenbacheri</i> .	19
12. Localización del área de estudio. Hueypoxtla y Otumba, México.	25
13. Localización de los sitios de colecta de larvas de <i>C. redtenbacheri</i> .	26
14. Disección en corte sagital, mostrando los tejidos internos de la larva de <i>C. redtenbacheri</i> .	27
15. Lesión evidente en posición dorsal y lateral. A la derecha lesión en la parte posterior.	29
16. Larva con lesiones superficiales causadas por hongos.	29
17. Díptero endoparasitoide. a) Larvas de <i>A. texana</i> dentro de <i>C. redtenbacheri</i> próximas a pupar. b) Díptero endoparasitoide. La flecha señala la placa espiracular. c) Larva de <i>A. texana</i> .	30
18 Himenóptero endoparasitoide entre los tejidos internos de la larva huésped.	30
19. Lesión causada por díptero.	31
20. Larva parasitada por taquínido.	31
21. Lesión en la superficie ventral causada por una avispa.	32
22. Lesión en posición lateral causada por una avispa.	32
23. Lesión causada por un entomopatógeno que causa decoloración.	32
24. Cápsula cefálica de una larva de <i>C. redtenbacheri</i> . (la línea indica la anchura de la misma que fue medida).	36
25. Relación entre el peso de la larva y la anchura de la cápsula cefálica en muestras de campo y comercial.	37
26. Frecuencia relativa de la medida de la cápsula cefálica de <i>C. redtenbacheri</i> en muestras de campo y comerciales.	38
27. Tendencia del peso de la larva y anchura de la cápsula cefálica en muestras de campo y comercial.	39
28. Categorías de coloración en larvas de gusano rojo de maguey (<i>C. redtenbacheri</i> Hamm.).	45
29. Lesiones y manchas en larvas de <i>C. redtenbacheri</i> . a) Lesión melanizada causada por la penetración de una larva de díptero ubicada lateralmente. b) Lesiones a manera de cicatriz en posición ventral y lateral.	47
30. Probabilidad de riego de parasitismo en larvas de <i>C. redtenbacheri</i> en función del peso y la posición de la lesión.	48

CAPÍTULO 1

Introducción General

Comadia redtenbacheri Hammerschmidt 1848 (Lepidoptera: Cossidae), también conocido en varias regiones de la República Mexicana como “gusano colorado”, “gusanito de sal”, “tecol”, “recol”, “chilicuil” o “gusano rojo del maguey” entre otros, es de consumo humano en Aguascalientes, Durango, México, Hidalgo, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas (Conconi *et al.* 1982, Ramos-Elorduy *et al.* 1998), ya que es un insecto que como alimento aporta proteínas, grasas no saturadas y aminoácidos. Se emplea como alimento en las regiones en donde se encuentra de manera natural y también en restaurantes, así como en la industria mezcalera para agregar valor a la bebida (Ramos-Elorduy y Pino 2001, Ramos-Elorduy 2006, Ramos-Elorduy *et al.* 2007). Según Hernández-Livera (2004) algunos importadores de tequila también piden que en las botellas se adicione el gusano rojo.

Debido a la sobreexplotación, las poblaciones del maguey y del gusano rojo han disminuido en forma significativa, por lo que el precio del insecto se llega a cotizar alrededor de \$1,500.00 pesos el kilogramo (Hernández-Livera 2004), es decir, su aprovechamiento representa una fuente de ingresos económicos tanto para las personas que se dedican a su recolecta en campo, como para las involucradas en su preparación y venta. Además, la dispersión del gusano rojo se da en forma irregular y en ocasiones en lugares de difícil acceso, por lo que se complica su colecta (Valenzuela-Beltrán 2007). Lo anterior ha motivado el estudio del insecto, para generar información indispensable que permita su eventual manejo en un mediano plazo. En esta investigación se identificaron y cuantificaron los principales insectos parasitoides del gusano rojo del maguey, que afectan su desarrollo. Además se formó una colección de referencia, como acervo de información.

1.1. Revisión de literatura

El gusano rojo del maguey es un insecto holometábolo (Dampf 1927). Desde los años 30' esta larva fue considerada como una plaga del maguey en México, debido a que presenta hábitos barrenadores del pedúnculo floral y del rizoma de la planta de maguey (*Agave salmiana* Salm-Dick), por lo que afecta la producción de pulque e incluso llega a causar la muerte de la planta (Granados 1993, Camacho *et al.* 2003). Estos insectos viven dentro del tejido de su planta huésped, por lo que para su observación o colecta es necesario remover las plantas de

magüey. Desde su emergencia las larvas invaden las partes subterráneas de la planta, en donde conviven en grupos y conforme van creciendo, emigran hacia el interior del tallo formando galerías en las cuales viven cinco meses aproximadamente, periodo durante el cual dañan notablemente a la planta (Pineda 1983).

Por otra parte, el nombre científico de la especie contiene varias sinonimias de *C. redtenbacheri* (Hammerschmidt, 1848), ya que la especie originalmente fue descrita como *Bombix agavis* Blázquez en 1870, *Hypoptya chilodora* Dyar en 1910, *Hypoptya agavis* B. 1870 y *Xyleutes redtenbacheri*. Eyre en 1924, incluyó al género *Comadia* Barnes & McDunnough, 1911, dentro de la familia Cossidae, en una revisión de 17 especies estudiadas, quedando entonces *Comadia redtenbacheri* (Druce, 1887) y finalmente como *Comadia redtenbacheri* Hamm., como se conoce actualmente (Dampf 1927).

Pineda (1983) menciona que la larva de *C. redtenbacheri* se ha encontrado en mayor proporción en las zonas magüeyeras de los estados de Hidalgo, México, Querétaro y Tlaxcala, así como en los magüeyes mezcaleros de Oaxaca, principalmente en viveros de magüey y plantaciones pequeñas mal cuidadas, con abundantes malezas. Al gusano rojo se le ha encontrado especialmente en *Agave atrovirens* y *A. salmiana*, conocidas como "magüeyes pulqueros", que crecen juntas. También se le ha encontrado en *A. mapisaga* conocido como "magüey ceniza", también relacionado con la producción de pulque (Granados 1993).

Antecedentes

Entre los pocos trabajos llevados a cabo con *C. redtenbacheri*, cabe mencionar aquellos que abarcan el estudio del lepidóptero, como el realizado por Dampf (1927) que presenta un estudio morfológico y sugerencias para el control de la larva del gusano rojo del magüey, aunque en su trabajo la especie es reportada como "*Hypoptya agavis* Blázquez, *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera: Cossidae), plaga de los magüeyes de la Mesa Central de México".

Sánchez (2003) mencionó que el ciclo de vida de *C. redtenbacheri* puede completarse en un año, presentando de seis a siete estadios larvales y posiblemente uno más, que es posible inducir la pupación y que los adultos se pueden mantener de cinco a ocho días si se les suministra agua azucarada. Observó cortejo y apareamiento de los adultos, pero no la eclosión de los huevos en condiciones de laboratorio. Hernández-Livera *et al.* (2005) definieron siete instares (estadios) larvarios. Por su parte Camacho *et al.* (2003), reportan que la emergencia

de las palomillas ocurre desde finales de enero hasta el mes de marzo, siendo más activas después de la puesta del sol; además mencionan que los huevos depositados por las hembras permanecen como tales hasta el mes de mayo o inicio de la época de lluvias. En el laboratorio no obtuvieron eclosión de huevos, lo que atribuyen a la influencia de factores físicos o químicos del maguey que puedan influir en la eclosión; los autores calcularon que se requieren de 328 a 450 días para el desarrollo de los estadios larvales. Almanza-Valenzuela (2007) reporta una duración del ciclo de vida en condiciones de laboratorio de 10 meses, además de que los adultos viven de tres a cinco días debido a que su aparato bucal no es funcional, por lo que no pueden alimentarse.

Nolasco *et al.* (2002) indujeron la pupación y colonización del gusano rojo del maguey en plantas hospederas, encontrando un 74% de infestación, mientras que Hernández-Livera (2004) aseguró que un suelo de textura arenosa es el mejor sustrato para la pupación. Almanza-Valenzuela (2007) define aspectos básicos de biología y comportamiento de *C. redtenbacheri*, para el establecimiento y desarrollo de la fase larvaria de los primeros instares en plantas de maguey mantenidas en condiciones de invernadero y logró la incubación de huevos en condiciones de laboratorio. Las mejores condiciones para el desarrollo y establecimiento de larvas fueron el uso de suelo franco como sustrato para plantas de maguey de 30 a 50 cm de altura, extraídas del campo y previamente establecidas en macetas con un mínimo de seis meses y con la aplicación de un riego cada tercera semana e infestaciones de entre 25 y 50 larvas por planta.

Parasitoides

El término parasitoide se utiliza para aquella especie que se desarrolla en la fase inmadura de otra especie y presenta varias características: el desarrollo individual involucra la destrucción del hospedero, sólo parasita estados inmaduros, no es heteroécico, es relativamente grandes en talla en comparación con sus hospederos (Bradleigh 1984) y puede desarrollarse interna o externamente (Clausen 1972). Los parasitoides se encuentran involucrados en una serie de interacciones multitróficas que dependen de los hospederos u organismos presa que se encuentran a su alrededor y de manera general son vistos como benéficos (Thompson 1999), ya que varias especies se utilizan para el control de insectos plaga.

Los insectos en general responden a diferentes factores como color y compuestos químicos, lo que involucra una aceptación de dichos estímulos, para que puedan llevar a cabo la

polinización, reproducción o parasitismo. Los parasitoides representan el tercer nivel trófico y son influenciados no sólo por emisiones químicas del hospedero, sino también por el alimento de éste o por los organismos asociados a él (Kevan y Baker 1983). Feener y Brown (1997) mencionan que los parasitoides pueden estar presentes en cinco órdenes de insectos holometábolos, como Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera y Neuroptera.

Las relaciones interespecíficas son extremadamente diversas y complejas, por ejemplo, la selección del hospedero incluye la localización del hábitat, el alimento, aceptación, susceptibilidad y regulación del hospedero (Bradleigh 1984). Los parasitoides han desarrollado varias estrategias para poder localizar a su hospedero y llevar a cabo su desarrollo, con base en señales de orientación del hábitat o de las plantas que sirven como alimento al hospedero, así como señales directas e indirectas asociadas con la actividad del hospedero en su microhabitat (Feener y Brown 1997). El tipo de hospedero también tiene mucho que ver con la estrategia de oviposición, pues en muchos de los casos, los taquínidos (Diptera: Tachinidae) depositan sus huevos sobre el hospedero (oviposición directa) y en otros los depositan cerca del alimento de éste (oviposición indirecta). Los mecanismos de localización de sus hospederos implican también la co-evolución, que es de reciente atención a través de estudios de análisis sistemático de morfología y de filogenia, que pretenden dar a conocer información acerca de las relaciones evolutivas y de la historia biogeográfica en relación con sus hospederos (Stireman *et al.* 2006).

Diversos investigadores han resaltado la importancia que tiene el conocimiento de los parasitoides como una ayuda para la clasificación taxonómica, así como la información de tipo genético, biológico y ecológico, entre otros, lo que ha influido en el campo de la sistemática. Los estudios taxonómicos han sido de utilidad para ayudar a resolver problemas de importantes plagas y su posible control biológico (Cervantes *et al.* 2003).

En programas de aplicación de técnicas de control biológico con el propósito de evitar el ataque de insectos plaga, se han utilizado principalmente los himenópteros y los dípteros de la familia Tachinidae (Carrillo y García 2001), que presenta una amplia diversidad de especies (O'Hara 2006). Camacho *et al.* (2003) encontraron al taquínido *Muscopterix* en puparios del gusano rojo y Camacho *et al.* (2005) mencionan que el manejo del gusano rojo para su reventa se da en condiciones insalubres, lo que hace que la mayoría de los gusanos que se venden estén enfermos o parasitados. El conocimiento de los parasitoides y la

posibilidad de detectarlos puede ser una herramienta para eliminarlos de poblaciones del gusano rojo del maguey, principalmente en programas de manejo para la producción intensiva de éste.

Objetivo General

- Identificación de endoparasitoides que afectan el desarrollo de *Comadia redtenbacheri* Hammerschmidt.

Literatura Citada

- Almanza-Valenzuela, E. I. 2007. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 48 p.
- Bradleigh, V. S. 1984. Parasitoid-host relationship. *In: Chemical Ecology of Insects*. Bell, W.J. and R. T. Cardé. Chapman and Hall. E. U.A. p. 205-225.
- Brown, B. V. 2005. Malaise trap catches and crisis in Neotropical dipterology. *Ame. Entomol.* 51: 180-83.
- Clausen, C. P. 1972. *Entomophagous Insects*. Hafner Publishing. New York. 688 p.
- Camacho, V. A. D., A. Sánchez-Hernández, J. E. Jiménez-Luna y A. Nolasco-Miguel. 2003. Observaciones en condiciones de laboratorio de la biología del "gusano rojo del maguey" *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 2: 281-287.
- Camacho, V. A. D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna, F. Rivera-Torres y Organización Ambientalista Tlaxcalteca Ometeotl A. C. 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 4: 599-603.
- Carrillo, S. J. L. y C. García. 2001. El control biológico en plagas agrícolas. pp: 21-33. *In: Contribuciones Entomológicas*. 2001. ENCB-IPN. México, D. F. 175 p.
- Cervantes, M. J. F., J. R. Lomeli-Flores., R. A. Terrón-Sierra y S. Rodríguez-Navarro. 2003. *Fundamentos de Control Biológico en México*. UAM Xochimilco. México. 226 p.
- Conconi, R. J., H. Bourges R. y J. M. Pino. 1982. Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México. *Folia Entomol. Mex.* 53: 111-118.
- Dampf, A. 1927. Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypopta agavis* Blázquez *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera, familia Cossidae), plaga

- de los magueyes en la mesa central de México. Oficina para la Defensa Agrícola 26 p.
- Feener, D. H. and B. V. Brown. 1997. Diptera as parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 73-97.
- Granados, S. D. 1993. Los Agaves de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- Hernández-Livera, R. A. 2004. Inducción de la pupación e identificación de instares larvales del gusano rojo del maguey (*Comadia redtenbacheri* Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 59 p.
- Hernández-Livera, R. A., C. Llanderal-Cázares, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco y R. Nieto-Hernández. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia* 39: 539-544.
- Kevan, P. G. and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitor and pollinators. *Annu. Rev. Entomol.* 28: 407-453.
- Nolasco, M. A., J. E. Jiménez L. y A. D. Camacho. 2002. Inducción de la pupación del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*. 1: 125-130.
- O'Hara, J. E. 2006. World genera of Tachinidae (Diptera) and the General Occurrence. *Invertebrate Biodiversity, Agriculture and Agri-Food Canada*. 67 p.
- Peña-Martínez, R. 1992. Identificación de áfidos de importancia agrícola. *In: Urias M. C., R. Rodríguez M. y T. Alejandro A. Eds. 1992. Afidos como Vectores de Virus en México. Vol. II.* 163 p.
- Peña-Martínez, R., D. A. H. Zetina y F. Bahena J. 2006. Insectos colectados con trampa amarilla de agua en el Valle Morelia-Queréndaro, Michoacán. *Entomología Mexicana*. México 5 (2): 793-798.
- Pineda, M. G. 1983. Control químico de plagas y enfermedades más comunes del maguey pulquero *Agave atrovirens* Kart. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 81 p.
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, and some measures to preserve them. *Jour. Ethnobiol.* 2: 1-10.
- Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino M. y S. Cuevas. 1998. Insectos comestibles de México y determinación de su valor nutritivo. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* 69: 65-104.
- Ramos-Elorduy, J. y J. M. Pino M. 2001. Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 45: 66-76.

- Ramos-Elorduy, J., E. M. Costa-Neto, J. Pino-Moreno, M. S. Cuevas-Correa, J. García-Figueroa y D. H. Zetina. 2007. Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado La Purísima Palmar de Bravo, estado de Puebla, México. *Biotemas* 20:121-134.
- Sánchez, H. A. 2003. Contribución al conocimiento del gusano rojo de maguey (*Comadia redtenbacheri* Hamm. 1847) (Lepidoptera: Cossidae). Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México. 66 p.
- Stireman, J. O., J. E. O'Hara and D. M. Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, behavior, and ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 525-555.
- Thompson, S. N. 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.* 44: 561-592
- Valenzuela-Beltrán, J. A. 2007. Propuesta de una mezcla de mercadotecnia para la comercialización de gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* (Hamm.). Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 139 p.

CAPITULO 2

Identificación de dípteros e himenópteros parasitoides de *Comadia redtenbacheri* Hammerschmidt.

Resumen

Con la finalidad de conocer a los endoparasitoides que afectan el desarrollo del gusano rojo del maguey, se identificaron los dípteros e himenópteros adultos de larvas y pupas de *Comadia redtenbacheri* de las localidades de Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. Se identificó a *Acantholespesia texana* (Diptera:Tachinidae) y *Lissonota fascipennis* (Hymenoptera:Ichneumonidae), quienes resultaron ser nuevos registros para México con nuevo reporte de hospedero en el caso de *L. fascipennis*. La larva de gusano rojo también se ve afectada en raras ocasiones por dípteros de la familia Phoridae como *Megaselia* sp. también encontrado en las muestras.

2.1. Introducción

El gusano rojo del maguey, es consumido como alimento en varias regiones de nuestro país (Conconi *et al.* 1982). Sin embargo, como en toda población existen enemigos naturales que regulan la población por medio de estrategias, que han desarrollado como respuesta a varios estímulos (Bradleigh 1998). Los parasitoides se han utilizado para el control de otros insectos plaga, en especial de larvas de lepidópteros, siendo los órdenes Diptera e Hymenoptera de los más comunes en programas de control biológico (Clausen 1972). La familia Tachinidae presenta una amplia diversidad, ya que consta de 10,000 especies descritas a nivel mundial y 1,400 especies reportadas en Norteamérica y el norte de México (O'Hara 2006, Stireman *et al.* 2006), además de que sus larvas se reportan como parasitoides de diferentes órdenes de insectos (Wood 1987). La familia Ichneumonidae incluye avispas parasíticas, que varían en forma, tamaño y color, además sus hospederos por lo general incluyen lepidópteros trozadores, minadores, defoliadores y barrenadores (Goulet y Huber 1993), principalmente en regiones agrícolas y forestales, reportándose en México cerca de 1,000 especies (Ruíz *et al.* 2002, Kasparyan y Ruíz-Cancino 2005). Bradleigh (1984) menciona que se estiman entre 10 y 35% de parasitoides de esta familia.

Nolasco *et al.* (2002) documentan a la familia Calliphoridae como posible parasitoide del gusano rojo del maguey, encontrado en terrarios de pupación. Sánchez (2003) y Camacho *et al.* (2005) mencionan al género *Muscopterix* sp. (Diptera: Tachinidae) como parasitoide de larvas de *C. redtenbacheri*. A la fecha no existen estudios para determinar la taxonomía de las

especies de parasitoides que disminuyen la densidad poblacional de larvas del gusano rojo del maguey, indispensables para conocer su impacto. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación consistió en identificar las especies de parasitoides dípteros e himenópteros que afectan a larvas de *C. redtenbacheri*.

2.2. Materiales y Métodos

2.2.1. Obtención del material biológico

Para la identificación de los parasitoides del gusano rojo del maguey, se adquirieron varias muestras con vendedores de las localidades de Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. Por una parte se trabajó con un total de 100 larvas de gusano rojo, cuyos síntomas y signos sugirieran la presencia de parasitoides, las cuales se aislaron individualmente en vasos con tapa de plástico (Figura 1) y se les mantuvo en un ambiente controlado, a temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 2\%$ de humedad relativa y fotoperiodo de 12:12 (luz:oscuridad) en el laboratorio de Fisiología de Insectos del Colegio de Postgraduados, *campus* Montecillo. El material se revisó de manera periódica hasta la emergencia de los parasitoides adultos. Otra muestra de larvas del gusano rojo se confinó en charolas de unicel con arena gruesa como sustrato de pupación y se mantuvieron en el laboratorio dentro de jaulas de madera (Figura 2) hasta la emergencia de las palomillas o de los adultos parasitoides.



Figura 1. Larvas de *C. redtenbacheri* aisladas de manera individual en vasos, para la emergencia de los parasitoides adultos.

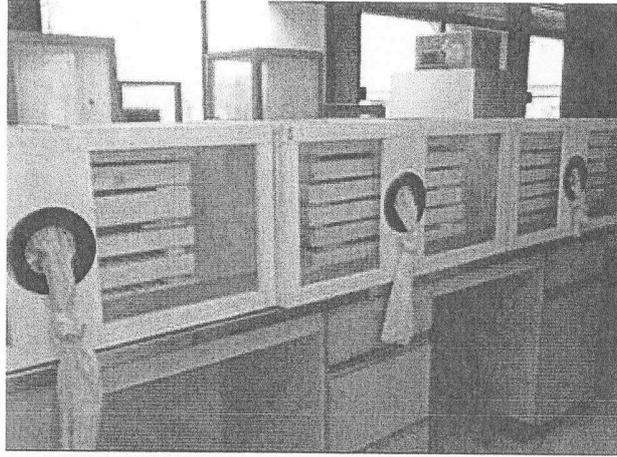


Figura 2. Charolas para pupación, dentro de cajas de madera utilizadas para la emergencia de los adultos.

2.2.2. Montaje y preservación

Los adultos parasitoides que emergieron de cada larva y de puparios de gusano rojo, se sacrificaron con acetato de etilo 95% y se conservaron en una cámara húmeda, para su posterior montaje en alfileres entomológicos # 1, marca Imperial Original Emillarl®. Para los dípteros parasitoides más pequeños se realizaron micromontajes, mediante la técnica de bálsamo de Canadá (Peña-Martínez *et al.* 2002).

2.2.3. Identificación

La identificación de los adultos parasitoides se realizó con claves taxonómicas (Wood 1987, Peterson 1987, Goulet y Huber 1993) y posteriormente se enviaron para su corroboración a nivel de especie a los especialistas: Dr. D. Monty Wood (Tachinidae. Systematic Entomology Laboratory, Ottawa, Canadá); Manuel Zumbado (Tachinidae, Unidad de Artrópodos. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica); Dra. Vera Richter (San Petersburgo, Rusia) y Dr. E. Ruíz Cancino (Ichneumonidae, Universidad Autónoma de Tamaulipas-Agronomía y Ciencias. Centro Universitario Victoria, México). Los ejemplares identificados se ubicaron en la colección entomológica de referencia del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica (InDRE), del Museo de Insectos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) y del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, México.

2.2.4. Monitoreo con la trampa Malaise

En la localidad de Coyotepec, municipio de Otumba, México, con las coordenadas N19° 39' 09.3'' y WO 98° 45' 25.7'' y a una altura de 2481m, se colocó una trampa Malaise (Figura 3) durante un año (12 de abril de 2007 a 19 de marzo de 2008), en una zona donde estuvieran presentes varios ejemplares de plantas de maguey. La trampa se recogió cada tres semanas, para conocer la diversidad de parasitoides presentes y confirmar la presencia de estos con los encontrados con las muestras procesadas en el laboratorio. Los insectos se colectaron en un recipiente de plástico con alcohol 70% y posteriormente se llevaron al laboratorio de Fisiología para su montaje e identificación.



Figura 3. Trampa Malaise ubicada en Coyotepec, Mpo. de Otumba, Edo. de México

2.3. Resultados y Discusión

De las muestras de campo y de las comerciales, se obtuvo un total de 1200 larvas, 5.8% de las cuales estuvieron parasitadas por dos órdenes de insectos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parasitoides encontrados en larvas de *C. redtenbacheri*.

Orden	Familia	Género y especie	Estatus	Muestra
Diptera	Phoridae	<i>Megaselia</i> sp.	Facultativo	Comercial
	Tachinidae	<i>Acantholespesia texana</i> (Aldrich & Webber)	Obligado	
Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Lissonota fascipennis</i> Townes	Obligado	Campo

Los himenópteros parasitoides estuvieron presentes a partir del cuarto y quinto instar en la muestra de campo, mientras que en la muestra comercial los dípteros e himenópteros se presentaron en los instares cinco y seis. La figura 4 muestra que los parasitoides más abundantes presentes en ambas muestras fueron los himenópteros y la muestra más parasitada fue la de campo.

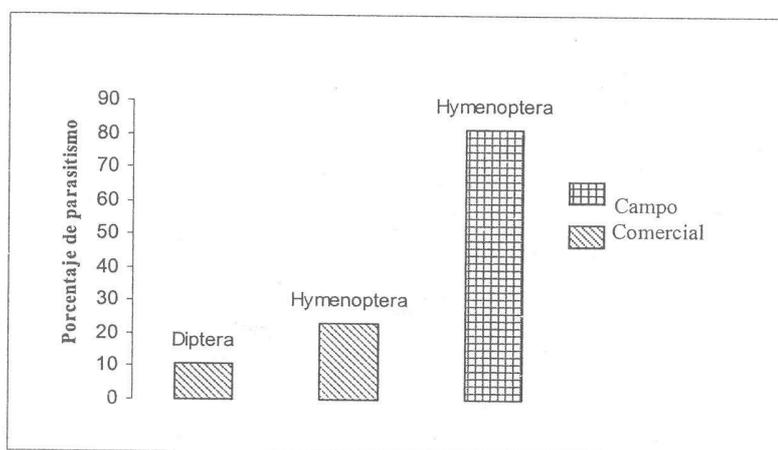


Figura 4. Parasitismo en el gusano rojo del maguey (*C. redtenbacheri* Hamm.)

Del total de larvas revisadas, 5.6% estuvieron afectadas por la avispa tanto en la muestra comercial como en la de campo y 0.58% por dípteros. La muestra de campo resultó ser la más afectada con el 4.41%, mientras que en la comercial se presentó el 1.83% de parasitismo (Anexo 1). Las larvas incluidas en las muestras pertenecieron a los instares tercero a séptimo, aunque los individuos parasitados correspondieron en su gran mayoría a los instares cuarto a sexto.

Camacho *et al.* (2003) reportan que las muestras “comerciales” presentaban síntomas de enfermedades, teniendo niveles de incidencia desde 14.6% hasta 42.8%, determinados de uno a cinco días después de la compra de un lote de 1480 gusanos. Clausen (1972) menciona que algunas especies de ichneumonídeos se ven atraídas en gran número cuando las larvas huéspedes presentan movimiento, como respuesta a estímulos del ovipositor de la hembra parasitoide. Camacho *et al.* (2005) señalan que la mortalidad del gusano rojo debida a la acción de parasitoides y agentes patógenos puede llegar a ser del 95%.

2.3.1. *Acantholespesia texana* (Aldrich & Webber) (Diptera: Tachinidae)

Acantholespesia texana (Aldrich & Webber) (Figuras 5a-d) se encontró dentro de la larva de *C. redtenbacheri*. La información sobre este género es relativamente reciente, por lo cual sólo se ha reportado de manera formal a *Acantholespesia comstocki* (Williston), especie tipo del género, *A. signata* (Aldrich & Webber) y *A. texana* (Aldrich & Webber), todas ellas criadas a partir de larvas de las familias Cossidae, Megathymidae, Pyralidae y Noctuidae, además de algunos lepidópteros minadores de tallos (Wood 1987).

A. texana presenta el cuerpo de color gris con franjas delgadas de color negro en el tórax, con longitud de aproximadamente 10 mm. Ojos cubiertos por densos pelos conspicuos (Figura 5b). La hembra presenta un ovipositor telescópico delgado y rígido, con la punta afilada y esclerosada, que se encuentra casi enteramente escondido, excepto por el ápice de punta aguda (Figura 5c). Los adultos emergen en los meses de noviembre a diciembre.

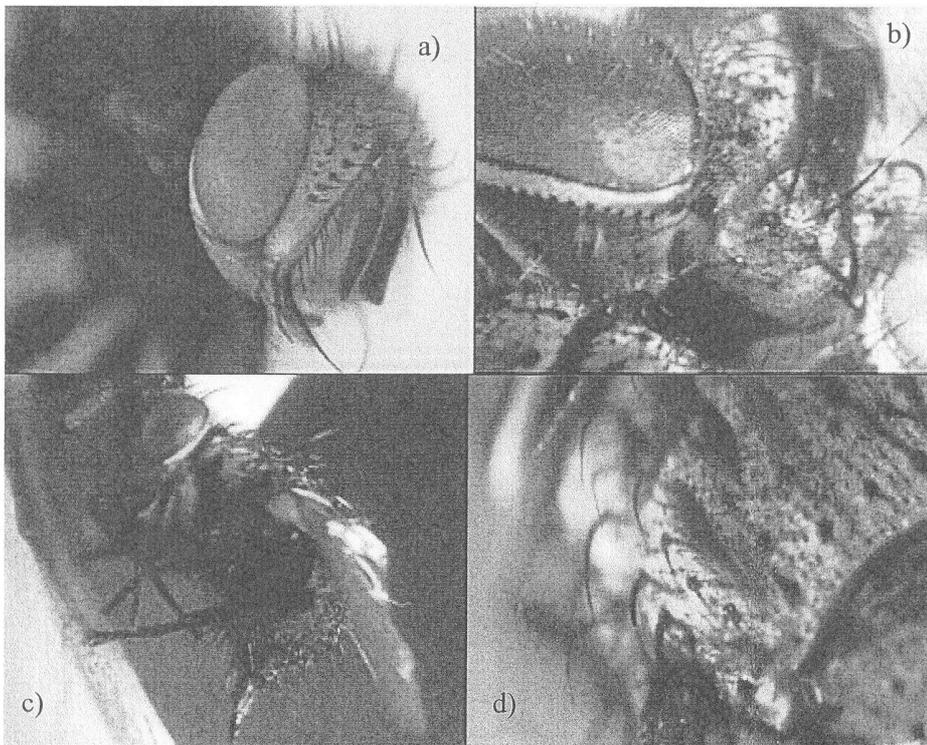


Figura 5. *A. texana*. a) Vista de la cabeza. b) Ojos cubiertos por pelos densos. c) Hembra con ovipositor telescópico y rígido. d) Cuerpo en donde se observa el tórax de color gris y franjas oscuras.

No se encontró el género *Muscopterix* reportado por Sánchez (2003) y Camacho *et al.* (2005). La hembra alberga en sus ovarios alrededor de 100 huevos de forma elíptica, de color hialino, cuya longitud promedio es de 166 x 106 μm (Figura 6).

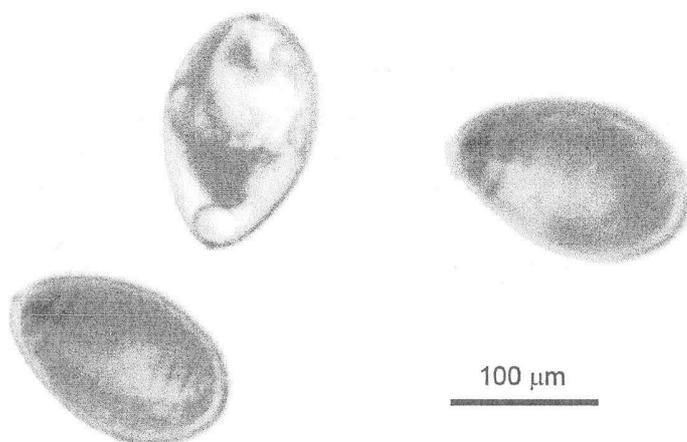


Figura 6. Huevos de *Acantholespesia texana*. En las dos imágenes inferiores se observan a través del corion las larvas desarrolladas.

Las especies ovíparas de Exoristini, Winthemiini y algunos de la tribu Blondeliini, tienen huevos de forma oval o elíptica, de color blanco, convexos, delgados centralmente y membranosos, o rara vez cilíndricos (Phorocera); por lo general son provistos de un adhesivo para su fijación al integumento del hospedero por parte de la hembra. En las especies ovolarvíparas, el corión es menos firme, de color blanco a hialino, con o sin remanentes de los aerópilos (Wood 1987). Las hembras de algunas especies escogen un hospedero apropiado y depositan un huevo directamente sobre él aunque la mayoría de los taquínidos no necesita encontrar directamente un hospedero para parasitarlo, ya que las larvas recién emergidas se desplazan casi a ciegas entre el suelo o la madera en busca de sus hospederos. La pupación ocurre en el suelo dentro del pupario formado por la cutícula del último estadio larval (Fisher 1961).

La fase larval de *A. texana* se encontró en los meses de agosto y septiembre, como parasitoide de larvas de quinto y sexto instar del gusano rojo, y el estado adulto a partir de los meses de noviembre a diciembre, cuando emergió de puparios de *C. redtenbacheri*. La larva es fácilmente reconocible por la presencia de una estructura de color negro a manera de “gancho” bucal, que le sirve para desgarrar los tejidos de sus hospederos. Las larvas de primer instar presentan un gancho elongado fusionado con el esqueleto cefalofaríngeo y las

mandíbulas están reducidas (Wood 1987). Todos los taquínidos en su etapa larval son parasitoides internos de otros artrópodos y en ocasiones estos dípteros son especialistas, de ahí que surgieran como un recurso importante en términos de control biológico para algunos insectos plaga.

El género *Acantholespesia* anteriormente era incluido dentro de Phorocerini, debido que compartía algunas características con esta tribu. Wood (1987), menciona al género como nuevo en E. E. U. U., por lo que en consecuencia el presente reporte constituye un nuevo registro para México.

2.3.2. *Megaselia* sp. (Diptera: Phoridae)

La familia Phoridae presenta alrededor de 225 géneros y más de 2500 especies conocidas en el mundo con mayor diversidad en la región Neotropical (Brown 2005). Uno de los géneros más amplios es *Megaselia* Rondan, que incluye más de 170 especies conocidas, la mayoría de las cuales se consideran facultativas, sin embargo algunas se han utilizado como agentes de control biológico de plagas (Peterson 1987). Robinson y Foote (1968) mencionan que se ha utilizado a *Megaselia aequalis* para el control de caracoles, además de que dan a conocer 29 especies más con sus respectivos hospederos.

Se determinó a *Megaselia* sp. (Figuras 7-9), que se encuentra relacionada con la materia en descomposición y animales muertos, incluyendo insectos y moluscos (Robinson y Foote 1968), sobre flores, hongos, nidos de aves y en cuevas (Peterson 1987, Pesquero *et al.* 1993), sin embargo, en las muestras estudiadas se encontró como posible parasitoide facultativo. Las revisiones a nivel de género y por consecuencia de especie, han sido insuficientes (Brown 1996), ya que por varios años se utilizó al género *Plastophora* Brues como sinónimo de *Megaselia* Rondan (Brown 1994, 1996). La larva es pequeña de aproximadamente 10 mm de longitud, con 12 segmentos visibles. También presenta dos pequeñas proyecciones sobre los segmentos posteriores, aunque varía su posición y forma. La pupa es de color rojizo (Peterson 1987).

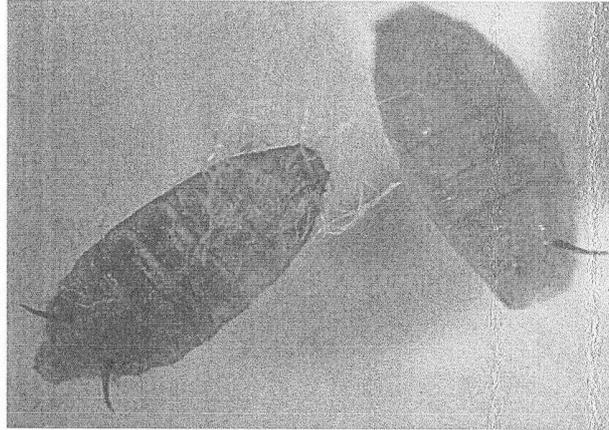


Figura 7. Pupa de *Megaselia* sp. (Phoridae).

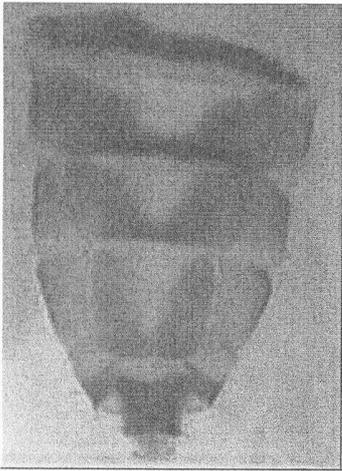


Figura 8. Preparación fija del abdomen de *Megaselia* sp. (Phoridae).

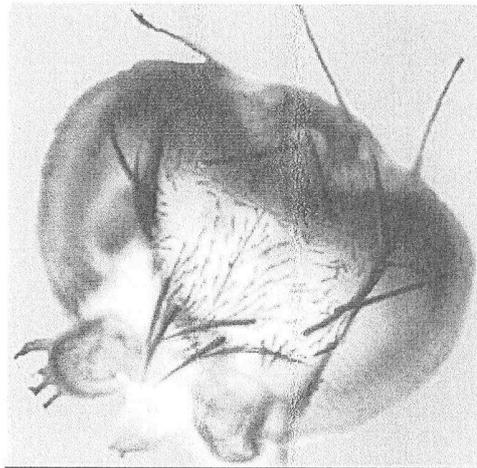


Figura 9. Preparación fija de la cabeza de *Megaselia* sp. (Phoridae).

2.3.3. *Lissonota fascipennis* (Hymenoptera: Ichneumonidae)

La familia Ichneumonidae en México incluye 25 subfamilias y 948 especies de 258 géneros reportados, la subfamilia Banchinae presenta miembros endoparasitoides de larvas de lepidópteros (Ruíz-Cancino *et al.* 2002).

L. fascipennis se encontró como parasitoide de *C. redtenbacheri* en la mayoría de las larvas parasitadas. La muestra de campo fue más afectada por la presencia de esta especie.

Este himenóptero presenta cuerpo pardo rojizo, delgado con algunas suturas amarillentas (Figura 10d). Es un insecto de tamaño medio, aproximadamente de 2.5cm de longitud. Presenta patas delgadas y con dos uñas (Figuras 10a y b). Ala anterior con dos bandas pardas, formando casi un círculo (Figura 10c). Antenas largas y delgadas, con más de 16 segmentos. Abdomen cóncavo y doblado ventralmente. La hembra con un ovipositor delgado a manera de filamento de 1.5 cm de longitud y conspicuo (Figura 10d). Los adultos emergen a partir de los meses de marzo y abril.

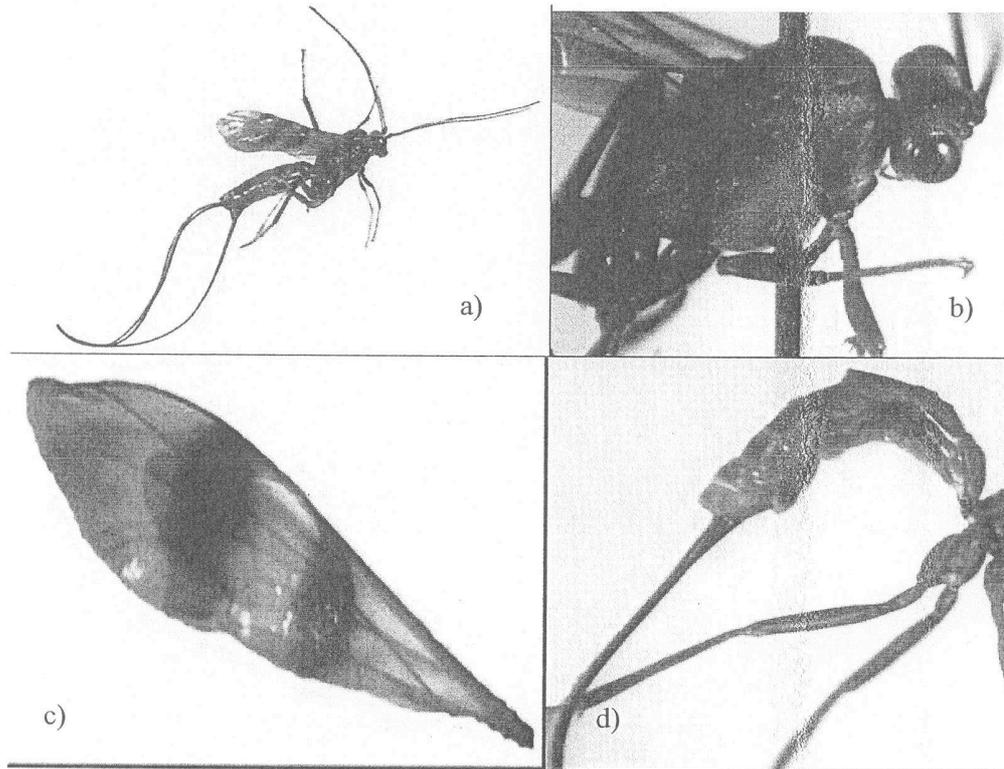


Figura 10. *Lissonota fascipennis*. a) Hembra de cuerpo completo. b) Cabeza y tórax, donde se observan también las patas delgadas con dos uñas. c) Ala anterior. d) Abdomen y ovipositor.

Bradleigh (1998) menciona que cuando la población de los estados inmaduros de un hospedero presenta hábitos gregarios, se favorece la selección del hospedero y el parasitismo. La fase larval de *L. fascipennis* se encontró en los meses de agosto y septiembre, como parasitoide de larvas de cuarto a sexto instar del gusano rojo, y el estado adulto a partir de los meses de marzo y abril, cuando emergió de puparios de *C. redtenbacheri*. Kasparyan y Ruíz-Cancino (2005) documentan que en la mayoría de los endoparasitoides de la familia Ichneumonidae la larva es cuadrada, con el último segmento abdominal elongado en un órgano respiratorio, aunque en larvas endoparasitoides de primer estadio éste no se desarrolla,

ya que la respiración ocurre a través del integumento, tomando el oxígeno directamente del hospedero; estas larvas de primer estadio son más activas y por lo general eliminan a otras larvas competidoras. Del total de larvas disectadas, sólo en una se encontró a *L. fascipennis* y al taquírido *A. texana*; la larva de *L. fascipennis* es delgada y de color blanco, cubierta por una capa protectora traslúcida (Figura 11). La hembra contiene cerca de 180 a 320 ovocitos de forma fusiforme con unos de sus extremos ensanchado, tiene una coloración marfil, diámetro medio de 55 a 63µm, longitud de 607 hasta 620 µm y no presentan un pecíolo muy evidente, contrario a lo mencionado por Kasparyan y Ruíz-Cancino (2005) quienes documentan que los huevos de ichneumónidos endoparásitos tienen la capacidad de sujetarse fuertemente al cuerpo del hospedero y que los parasitoides con ovipositor largo tienen usualmente huevos peciolados. La posesión de un ovipositor le da cierta ventaja a la hembra, ya que con este puede acceder a casi todo tipo de hospedero (Feener y Brown 1997).

El género *Lissonota* fue nombrado por Gravenhorst en 1829, siendo *Ichneumon setosus* Geoffroy la especie tipo; sin embargo, aunque existen especies silvestres en todo el mundo, están más representadas en la región Holártica (Krombein 1979). Este género se ha reportado con los sinónimos *Lampronota* Curtis 1832 y *Pimplopterus* Ashmead 1900 y para México se han registrado *L. alpestris* Cameron, 1986, Tipo: Macho; *L. azteca* Cresson 1874, Tipo: Hembra; *L. cameroni* Cameron 1886, Tipo: Macho; *L. mexicana* Cresson 1879, Lectotipo: Hembra y *L. persimilis* Cameron 1886, Tipo: Macho; así mismo se mencionan 13 especies del género, relacionadas con hospederos lepidópteros considerados como plaga en E.U.A (Townes y Townes 1966). Otros 14 géneros han sido reportados también como sinónimos. *Lissonota* es un género cosmopolita, que incluye a más de 1000 especies (Gauld 2002). *L. fascipennis* pertenece al grupo *Setosa*, que es holártico e incluye seis especies en América y siete en Eurasia. Los hospederos de este grupo son barrenadores de las familias Cossidae y Aegeriidae (Townes y Townes 1978). En Costa Rica se han reportado 27 especies pero no a *L. fascipennis*; la mayoría de las especies en ese país ocurren entre 800 y 1600 msnm, con un pico secundario entre 2600 y 3000 msnm y solamente una especie se ha colectado a menos de 600 msnm (Gauld 2002). *L. fascipennis* pertenece a la subfamilia Banchinae, que presenta miembros endoparasitoides de larvas de lepidópteros (Ruíz-Cancino *et al.* 2002). La especie se había reportado solamente para el sur de Arizona, EUA, describiéndose una hembra colectada en Santa Catalina, el 27 de mayo de 1913 (Townes y Townes 1978), por lo que en este trabajo se documenta un nuevo registro para México con un nuevo hospedero.

Si bien es cierto que las poblaciones de insectos considerados como plaga son reguladas por otros insectos benéficos, en este caso lo que se trata de evitar es la presencia de parasitoides que afectan a *C. redtenbacheri* y que puedan interferir si se pretende producir y comercializar el gusano rojo con un control de calidad adecuado.

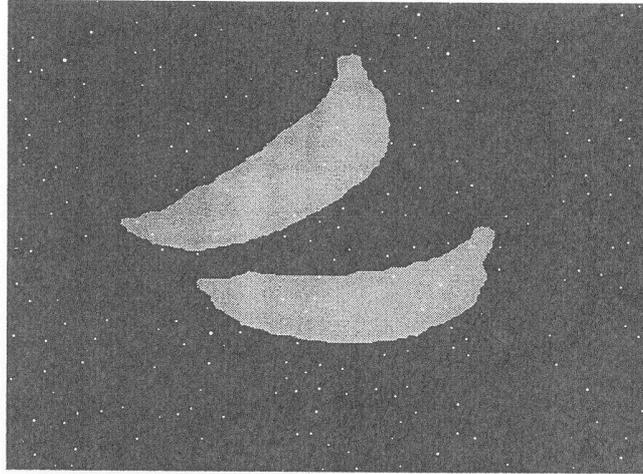


Figura 11. Larvas de *Lissonota fascipennis* encontradas en larvas de *C. redtenbacheri*.

2.3.4 Colecta con la trampa Malaise

Los parasitoides encontrados en la trampa Malaise en las primeras fechas de colecta nuevamente fueron *Acantholespesia texana* y *Lissonota fascipennis*, lo cual corrobora su presencia en el campo. La trampa Malaise, es una herramienta que ayuda a conocer la diversidad de insectos en una zona, sin la necesidad de actuar como un “filtro”, a diferencia de otros tipos de trampa que regulan la respuesta y la captura mediante diferentes estímulos físicos y químicos (Kevan y Baker 1983, Brown 2005). En este estudio se comprobó que la trampa Malaise permite detectar la presencia en una época determinada de la especie de interés. Además se colectaron otros dípteros e himenópteros parasitoides de otros insectos, así como ejemplares de otros órdenes (Cuadro 2). Entre las trampas más utilizadas para conocer la biodiversidad de una región se encuentra la trampa Malaise, que se menciona como una herramienta útil en la región Neotropical y que en especial ha sido de gran ayuda en la captura de dípteros (Brown 2005).

Cuadro 2. Géneros encontrados por medio de la trampa Malaise Coyotepec, Otumba, México.

Tachinidae	Phoridae
<i>Acantholespesia texana</i> (Aldrich & Webber)	<i>Megaselia</i> Rondani
<i>Peleteria</i> Robineau-Desvoidy	<i>Phora</i> Latreille
<i>Chaetogaedia</i> Brauer & Bergenstam	<i>Woodiphora</i> Disney
<i>Paradidyma</i> Brauer & Bergenstam	<i>Diplonevra</i> Borgmrier
<i>Archytas</i> Jaennicke	<i>Dohrniphora</i> Disney
<i>Deopalpus</i> Townsend	
<i>Ceracia</i> Rondani	Ichneumonidae
<i>Gymnophryxe</i> Villeneuve	<i>Lissonota fascipennis</i> Townes
<i>Siphosturmia</i> Coquillett	
<i>Phytomyptera</i> Rondani	
<i>Allophorocera</i> Hendel	
<i>Atacta</i> Schiner	
<i>Lespesia</i> Robineau-Desvoidy	
<i>Distichona</i> Wulp	

Los ejemplares encontrados, presentan hábitos tanto ovíparos como ovolarvíparos. Las especies de *Lespesia* sp, *Peleteria* sp. y *Archytas* sp. (Diptera: Tachinidae) se encuentran reportadas para provincias desérticas en el trabajo de Cortés (1983), quien menciona también que la altitud (2000-4000m) y el tipo de vegetación presentes tienen influencia en la distribución de las especies. El género *Archytas*, es conocido también como enemigo natural del gusano soldado (Clausen 1972).

Se puede decir que existe una gran diversidad de especies de esta familia en la zona de estudio y que debido a esa diversidad se pueden presentar especies parasitoides de diversos órdenes de insectos. Además, se adicionan los ejemplares de la familia Phoridae, de los que tan solo en el género *Megaselia* se incluyen más de 170 especies descritas. El conocimiento de especies de esta familia es difícil, ya que se desconoce gran parte de la diversidad en nuestro país. Barnes (1991) dio a conocer la fauna de Norteamérica y norte de México, y menciona a *Megaselia* sp. y *Dorniphora* sp. como géneros que han sido reportados para los E. U. A., mismos que se capturaron con la trampa.

El hecho de controlar a un parasitoide puede resultar hasta cierto punto extraño, pues normalmente lo que se hace es reproducirlo, pero en el caso de especies benéficas como son

las comestibles, es necesario evitar el parasitismo. Se debe de tomar en cuenta que la denominación de un insecto plaga o insecto benéfico es de tipo antropocéntrico, además de que las especies son afectadas por varios factores bióticos y abióticos, tanto de manera positiva como negativa.

2.4. Conclusiones

- Las larvas de *C. redtenbacheri* son afectadas por la presencia de los parasitoides *Acantholespesia texana* (Aldrich & Webber) y *Lissonota fascipennis* Townes y en ocasiones por dípteros facultativos, como el género *Megaselia* sp.
- *Acantholespesia texana* (Aldrich & Webber) es nuevo registro para México.
- *Lissonota fascipennis* Townes es nuevo registro para México y nuevo registro de hospedero.

Literatura Citada

- Barnes, J. K. 1991. Additions to the phorid fauna (Diptera: Phoridae) of North America and North of Mexico. Florida Entomologist. 74 (2): 305-310.
- Bradleigh, V. S. 1984. Parasitoid-host relationship. In: Chemical Ecology of Insects. Bell, W.J. and R. T. Cardé. Chapman and Hall. E. U.A. p. 205-225.
- Bradleigh, V. S. 1998. The general host selection behavior of parasitoid hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. Biol. Control. 11: 79-96.
- Brown, B. V. 1994. A replacement name for a species of *Megaselia* (Diptera). Proc. Entomol. Soc. Wash. 96: 176.
- Brown, B. V. 1996. Scuttle flies: The Phoridae. Proc. Entomol. Soc. Wash. 98: 166-167.
- Brown, B. V. 2005. Malaise trap catches and crisis in neotropical dipterology. Ame. Entomol. 51: 180-83.
- Camacho, V. A. D., A. Sánchez-Hernández, J. E. Jiménez-Luna y A. Nolasco-Miguel. 2003. Observaciones en condiciones de laboratorio de la biología del "gusano rojo del maguey" *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana 2: 281-287.
- Camacho, V. A. D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna, F. Rivera-Torres y Organización Ambientalista Tlaxcalteca Ometeotl A. C. 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana 4: 599-603.

- Clausen, C. P. 1972. Entomophagous Insects. Hafner Publishing. New York. 688 p.
- Conconi, R. J., H. Bourges R. y J. M. Pino. 1982. Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México. *Folia Entomol. Mex.* 53: 111-118.
- Cortés, R. 1983. Tachinid flies (Diptera: Tachinidae) from Tarapacá and Antofagasta provinces, Chile. *Florida entomologist* 66 (4): 377-388.
- Feener, D. H. and B. V. Brown. 1997. Diptera as parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 73-97.
- Fisher, R. C. 1961. A study in insect multiparasitism II. The mechanism and control of competition for possession of the host. *J. Exp. Biol.* 38: 605-625 p.
- Gauld, I. D. 2002. The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. *Mem. Amer. Entomol. Inst.* 66: 417-422.
- Goulet, H. and J. T. Huber. 1993. Hymenoptera of the World: An identification Guide to Families. Agriculture. Canada. Ottawa, Canada. 656 p.
- Kevan, P. G. and H. G. Baker. 1983. Insects as flower visitor and pollinators. *Annu. Rev. Entomol.* 28: 407-453.
- Kasparyan, D. R. y E. Ruíz-Cancino. 2005. Avispas parasíticas de plagas y otros insectos. Cryptini de México (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae). Parte I. Cd. Victoria, Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. 287 p.
- Krombein, K. V. 1979. Catalog of Hymenoptera North of México. Smithsonian Institution. Washington, EUA. 571 p.
- Nolasco, M. A., J. E. Jiménez L. y A. D. Camacho. 2002. Inducción de la pupación del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 1: 125-130.
- O'Hara, J. E. 2006. World Genera of Tachinidae (Diptera) and the General Occurrence. *Invertebrate Biodiversity, Agriculture and Agri-Food Canada.* 67 p.
- Peña-Martínez, R., M. Villegas J. y J. Lomelí F. 2002. Técnicas de colecta, montaje y preservación de pulgones y de algunos de sus enemigos naturales. p: 43-52. *In: Arredondo-Bernal, H. E., M. A. Medellín-Rosas, P. Pérez-Serrano y J. P. Martínez S.(eds.) Control Biológico del Pulgón Café, *Toxoptera citricida*, Vector del Virus de la Tristeza de los Cítricos.* 2ª ed. SAGARPA. México. D. F. 186 p.
- Pesquero, M. A., S. Campiolo and H. G. Fowler. 1993. Phorids (Diptera: Phoridae) associated with mating swarms of *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomol.* 76: 179-180.

- Peterson, B. V. 1987. Phoridae. *In*: Mc Alpine, J. E., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockerok and D. M. Wood (eds.). 1987. Manual of Nearctic Diptera. Agriculture Canada. Canadá. Vol. 1. p: 689-712
- Robinson, W. H. and B. A. Foote. 1968. Biology and immature stages of *Mgaselia aequalis*, a phorid predator of slug eggs. *Ann. Entomol. Soc. Ame.* 61: 1587-1594.
- Ruíz-Cancino, E., D. R. Kasparyan y J. M. Coronado-Blanco. 2002. Ichneumonidae. p. 637-346. *In*: Llorente, B. J. y J. J. Morrone. 2002. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Vol. 3. 690 p.
- Sánchez, H. A. 2003. Contribución al conocimiento del gusano rojo de maguey (*Comadia redtenbacheri* Hamm. 1847) (Lepidoptera: Cossidae). Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. 66 p.
- Stireman, J. O., J. E. O'Hara and D. M. Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, behavior, and ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 525-555.
- Townes, M. 1966. A Catalogue and Reclassification of the Neotropic Ichneumonidae. The American Entomological Institute. Michigan, EUA. 130-132 p.
- Townes, H. and M. Townes. 1966. A Catalogue and Reclassification of the Neotropic Ichneumonidae. *Mem. Amer. Entomol. Inst. EUA.* 8: 130-132.
- Townes, H. and M. Townes. 1978. Ichneumon-flies of America North of Mexico: 7. Banchinae. *Mem. Amer. Entomol. Inst.* 26: 65-67.
- Wood, D. M. 1987. Tachinidae. *In*: Mc Alpine, J. E., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockerok y D. M. Wood. 1987. Manual of Nearctic Diptera. Agriculture Canada. Ottawa, Canadá. Vol. 2: 1193-1269.

CAPITULO 3

Caracterización de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. afectadas por endoparasitoides

Resumen

El gusano rojo del maguey ha sido importante fuente de alimento y recursos económicos para aquellas personas involucradas en la recolecta, preparación y venta. Actualmente se trata de implementar una técnica para la producción de esta especie, sin embargo es necesario considerar diferentes aspectos para tener un control de calidad. Las larvas analizadas estuvieron parasitadas en su mayoría por la familia Ichneumonidae y en menor proporción por la familia Tachinidae. Se detectaron lesiones superficiales y lesiones evidentes que indican la presencia de parasitoides en el interior de la larva de *C. redtenbacheri*, así como otros factores que merman las poblaciones de larvas que se usaran como pie de cría.

3.1. Introducción

El comercio de la larva de *Comadia redtenbacheri* representa una fuente de ingresos económicos debido a su valor nutricional y sabor (Ramos-Elorduy 2006). Es por esto que se ha tratado de desarrollar una técnica para la producción del gusano rojo del maguey, sin embargo, existen varios factores que interfieren con dicho objetivo. Camacho *et al.* (2005) señalan que debido a un mal manejo y uso en algunas poblaciones del gusano rojo del maguey, se ha encontrado hasta 95% de mortalidad debido a parasitoides y agentes patógenos. Valenzuela-Beltrán (2007) menciona que las condiciones de comercialización del gusano rojo son lamentables, en particular en las zonas productoras. El objetivo del trabajo fue identificar aquellos signos y síntomas que pudieran ser resultado de parasitismo en larvas de *C. redtenbacheri*, utilizadas como pie de cría.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Obtención del material biológico

El material biológico provino de la localidad de San Juan Tianguistongo, ubicado en el municipio de Hueyapoxtla, México, en las coordenadas N 20° 00' 45'' y WO 99° 02' 34'', a una altitud de 2494 m (Figuras 12 y 13). El 27 de agosto de 2007 se colectaron 31 plantas de maguey (*Agave salmiana* Salm-Dick) de aproximadamente tres años de edad, cuyo aspecto amarillento sugería la presencia del gusano rojo del maguey. Las plantas se introdujeron en bolsas de plástico, previamente etiquetadas con su localización obtenidos con el GPS

eTrexLegend™ personal navigator®. Los magueyes se trasladaron al laboratorio de Fisiología de Insectos del Colegio de Postgraduados (CP), *campus* Montecillo, en el estado de México, en donde se midió su longitud y diámetro y se registró el número de larvas de gusano rojo que contenían cada una de ellos, obteniéndose un total de 600 larvas. Un número igual de larvas se adquirió con vendedores en la carretera Otumba-Tulancingo, en el estado de México, los días 1° de septiembre y 4 de octubre del 2007.



Figura 12. Localización del área de estudio. Hueycoxla y Otumba, México.

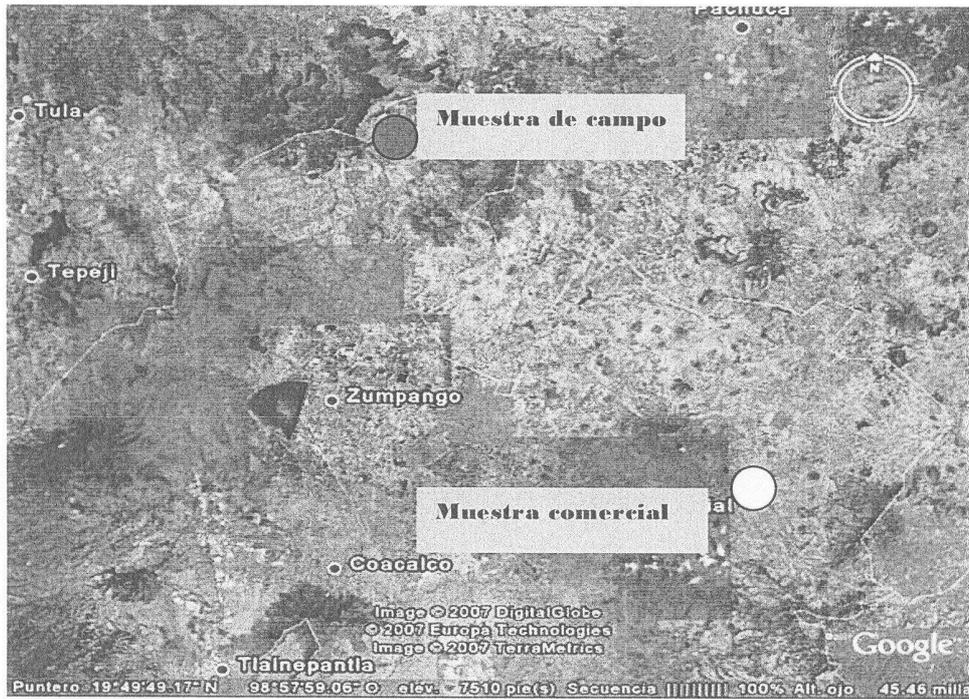


Figura 13. Localización de los sitios de colecta de larvas de *C. redtenbacheri*.

3.2.2. Inspección interna de las larvas huéspedes para registrar la presencia de parasitoides

Las larvas se lavaron con agua destilada, se aislaron individualmente en recipientes de plástico con tapa, se sacrificaron por inmersión durante tres minutos en agua corriente a 80 °C y se preservaron en alcohol 70%. Para la disección, las larvas se colocaron inmersas en alcohol, en una caja Petri con parafina y se hicieron disecciones (Figura 14). Se separó la cabeza del cuerpo y se fotografió en vista frontal, para posteriormente con el programa Image Tool versión 3.00, tomar la medida de la cápsula cefálica y conocer el instar como lo sugiere el trabajo de Hernández-Livera *et al.* (2005). Se hizo un corte sagital y con ayuda de alfileres y un pincel se removieron los órganos, tejidos y la grasa para poder observar la presencia de parasitoides en estado larval a un aumento de 40x. Para cada individuo se registraron los signos y síntomas (color, consistencia, lesiones, manchas, entre otras), presencia o ausencia de endoparasitoides y el tipo y número de ellos. Finalmente se fotografiaron las lesiones y manchas de cada larva con ayuda de la cámara digital Sony Caber-shot 7.2 Mpx y 3x optical zoom.

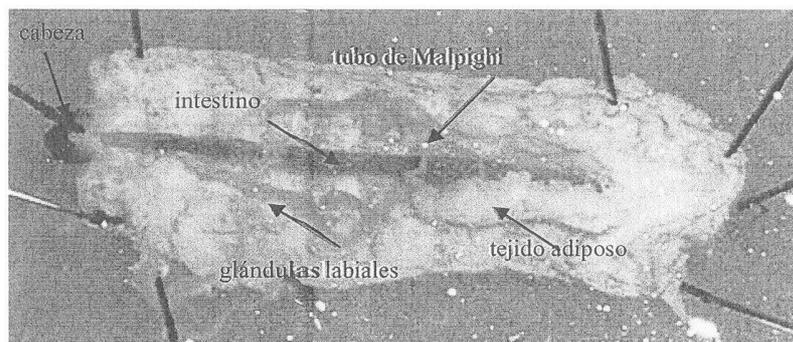


Figura 14. Disección en corte sagital, mostrando los tejidos internos de la larva de *C. redtenbacheri*.

3.3. Resultados y Discusión

3.3.1. Maguey

De las 34 plantas de maguey, 31 de ellas fueron de la especie *Agave salmiana* (Salm-Dick) y tres de otra variedad comúnmente conocida en la región como “xamini” (Granados 1993). En promedio, las plantas de maguey presentaron una altura de 56.35 cm, diámetro de 61.02cm, longitud del rizoma de 9.85cm y un número promedio de 18 larvas de gusano rojo de maguey (Anexo 2). Según Almanza-Valenzuela (2007), *C. redtenbacheri* está presente en hijuelos pequeños de magueyes de dos a tres años de edad y que llegan a medir de 50 a 70 cm. Esparza-Frausto *et al.* (2008) mencionan que encontraron en promedio 20 larvas de gusano rojo por planta, con un peso promedio por larva de 1.0 g en magueyerías del Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas. *A. salmiana* presentó mayor abundancia y variabilidad en el grado de madurez de las larvas en comparación con el maguey “xamini”.

Los magueyes infestados presentaron el corazón y la base de las hojas internas de color amarillo, mientras que las hojas más externas estaban marchitas en su base, aunque la punta se mantenía de color verde. Rara vez se presentaron pudriciones en el rizoma de la planta. Cabe mencionar que en la recolección del gusano rojo, la mayoría de las veces se destruye la planta para extraer a las larvas desde la piña o rizoma (Esparza-Frausto *et al.* 2008). En los magueyes pequeños las larvas se pueden localizar debido a que el maguey se puede arrancar fácilmente del suelo, como resultado del debilitamiento que sufren, además de que el tallo se petrifica y las pencas toman una coloración amarillo rojiza (Pérez 1980).

3.3.2. Diagnóstico

Se realizaron 1200 disecciones de las larvas de gusano rojo del maguey y se observaron signos y síntomas que pueden ser clave en la determinación de la calidad del gusano rojo. El trabajo de investigación define como lesiones, aquellas heridas a manera de cicatriz, presentes en cualquier área o región de la larva de gusano rojo del maguey. Existen lesiones “melanizadas” y aquellas lesiones consideradas como “superficiales”.

En el trabajo, las muestras de comerciales pueden estar sujetas a un estrés constante desde su recolecta hasta su venta, pues los recolectores, en muchas ocasiones al obtener las larvas del maguey manipulan y lastiman a esta, posteriormente en la venta, se tienen contenidas en recipientes expuestos a la luz solar o en pequeñas bolsas de plástico. Además constantemente se les esta agitando el recipiente para evitar que estas secreten su seda y pierdan atractivo para los compradores. Con esto puede ser que las larvas pierdan peso o presenten heridas superficiales en las que se pueden producir infecciones o ataques por algunos otros patógenos y afectar el estado inicial y óptimo de la larva.

Entre las marcas variables que puede presentar una larva parasitada están: Lesiones melanizadas a manera de cicatrices, que varían de color café rojizo a carmín sobre la cutícula, la mayoría presentes en posición dorsal en la parte anterior del cuerpo o bien en la parte posterior en posición dorsal, lateral o ambas (Figura 15), puede ser causada por fricción y se encuentra representada por cicatrices alargadas o de forma irregular por todo el cuerpo, en especial en la región caudal. Dampf (1927) menciona que estas larvas presentan el hábito de barrenar la planta hospedera hasta desarrollarse en las partes subterráneas, además de que vive en pequeños grupos en donde se puede presentar el canibalismo; se ha observado que las larvas muertas pueden ser devoradas, siendo una fuente adicional de alimento para otros larvas.

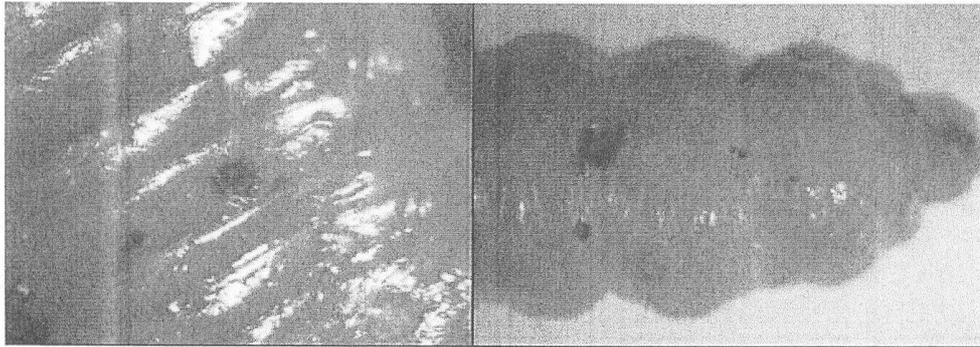


Figura 15. Lesión evidente en posición dorsal y lateral. A la derecha lesión en la parte posterior.

Las lesiones superficiales son aquellas donde no se observa una cicatrización o melanización, sino que simplemente se presentan como “manchas” de color negro y formas irregulares (Figura 16), este tipo de lesiones pueden presentarse en cualquier parte del cuerpo, como las causadas por patógenos como hongos. Son identificadas cuando la luz incide sobre ellas, ya que las refleja.

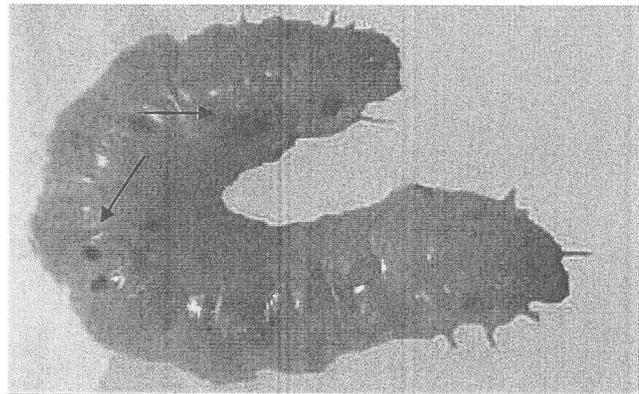


Figura 16. Larva con lesiones superficiales causadas por hongos.

Poinar y Thomas (1982) mencionan que en algunos casos los insectos afectados por hongos pueden cambiar de coloración y la cutícula puede mostrar manchas de color negro, lo que indica el área de penetración del hongo.

Otras lesiones presentes en la larva de *C. redtenbacheri* son las causadas por parasitoides y en este caso son lesiones con una estructura interna melanizada; aunque la forma y posición varía de acuerdo al tipo de parasitoide (Figuras 17a-c y 18). Puede existir una combinación de lesiones de los diferentes tipos antes anotados sobre la misma larva.

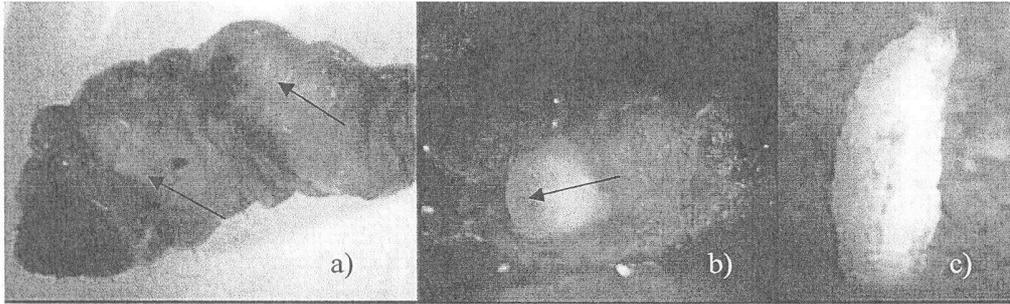


Figura 17. Díptero endoparasitoide. a) Larvas de *A. texana* dentro de *C. redtenbacheri* próximas a pupar. b) Díptero endoparasitoide. La flecha señala la placa espiracular. c) Larva de *A. texana*.

La lesión causada por la larva del taquínido está representada por una estructura interna melanizada de color café rojizo en forma de túnel (Figuras 19) con un orificio conspicuo que indica el sitio por donde penetró el endoparasitoide. Cuando la larva del díptero se encuentra en el interior del gusano rojo, se puede observar que las placas espiraculares (Figura 17b) se encuentran adheridas a la cutícula del hospedero, por lo que lleva a cabo una respiración cutánea de acuerdo con Wigglesworth (1972), quien también menciona que los taquínidos presentan una respiración metapneústica, donde el parásito perfora las paredes de los troncos traqueales grandes y pone sus espiráculos en contacto con el aire atmosférico. Las lesiones melanizadas son resultado del proceso de cicatrización llevado a cabo por el sistema inmunológico del insecto (Chapman 1998). Las heridas causadas por endoparasitoides son consecuencia del rompimiento de tejidos por acción de los ganchos bucales para que los individuos se puedan desplazar en el interior del cuerpo del hospedero al mismo tiempo que se alimentan (Snodgrass 1935).



Figura 18. Himenóptero endoparasitoide entre los tejidos internos de la larva huésped.

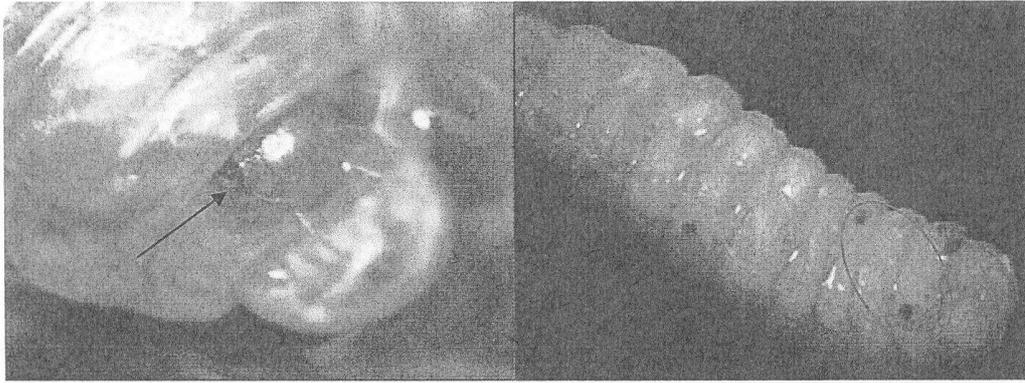


Figura 19. Lesión causada por díptero. Figura 20. Larva parasitada por taquínidos.

La posición de las heridas varía, pues no tienen un sitio específico por donde la larva penetre, por lo que se pueden encontrar en todo el cuerpo (Figura 20). Su número también es variable y va desde dos hasta cinco o más larvas del parasitoide dentro de la larva del hospedero. Geoff *et al.* (1999) mencionan que existen varias moscas de la familia Tachinidae que presentan una larva de primer instar móvil, la cual es depositada cerca o sobre el hospedero y posteriormente ésta penetra con ayuda de su gancho bucal, destruyendo los tejidos. Al comienzo de su desarrollo, los taquínidos son verdaderos parásitos que consumen el cuerpo graso sin causar daños serios a su hospedero y sólo en el último instar las larvas destruyen a su hospedero, a pesar de que hay unas pocas especies que no lo hacen y el hospedero puede sobrevivir y completar su desarrollo (Stireman *et al.* 2006).

Por otra parte, la lesión externa evidencia el ataque de la avispa (Ichneumonidae) y está representada por una lesión de color café rojiza con un orificio pequeño o poco evidente sobre la cutícula de la larva hospedera (Figuras 21 y 22). Generalmente esta lesión se encuentra en posición lateral en la parte posterior de la larva y sólo se ha encontrado una larva de esta avispa por lesión, aunque puede haber varios parasitoides en cada hospedero.

Clausen (1972) menciona que las hembras de la familia Ichneumonidae introducen sus huevos en la parte posterior del cuerpo del hospedero para poder completar su desarrollo lo que requiere de una respuesta de los órganos táctiles que se encuentran en el ovipositor. Algunas especies pueden colocar sus huevos cerca de las glándulas salivales.

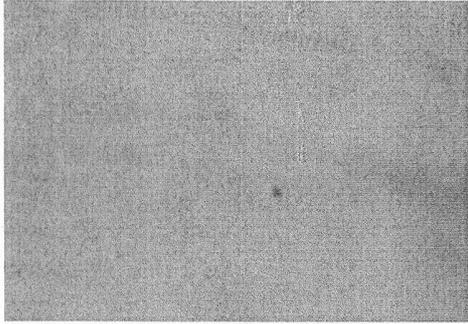


Figura 21. Lesión en la superficie ventral causada por una avispa.

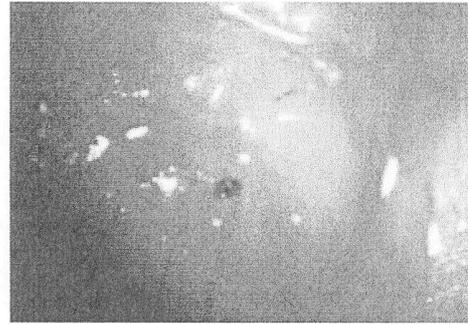


Figura 22. Lesión en posición lateral causada por una avispa.

La hembra del parasitoide responde a estímulos presentes en el ambiente. La mayoría de las especies de la familia Ichneumonidae están provistas de un ovipositor que introducen en el cuerpo de sus hospederos y por ello el daño sobre la cutícula no es tan evidente al depositar los huevos dentro de larvas, en especial de lepidópteros. En cambio, los miembros de la familia Tachinidae causan mayor daño en los puntos de entrada de sus larvas hospederas, ya que estos presentan especies denominadas parasitoides externos, cuya larva busca y penetra en el tejido del hospedero, causando su rompimiento (Clausen 1972, Feener y Brown 1997, Stireman *et al.* 2006).

La consistencia, es otro síntoma por el ataque de diferentes patógenos, pues una consistencia dura, es característica del ataque por hongos que presentan una esporulación y en casos extremos se llega a notar la presencia de micelio. La consistencia blanda del cuerpo de una larva es debido al ataque de bacterias o virus. En el caso de bacterias, éstas pueden cambiar el color de la cutícula del insecto, mientras que cuando la infección es por virus llega a haber desintegración de los tejidos internos, así como una decoloración en la cutícula, que va de un color amarillo a blanco (Poinar y Thomas 1982) (Figura 23).

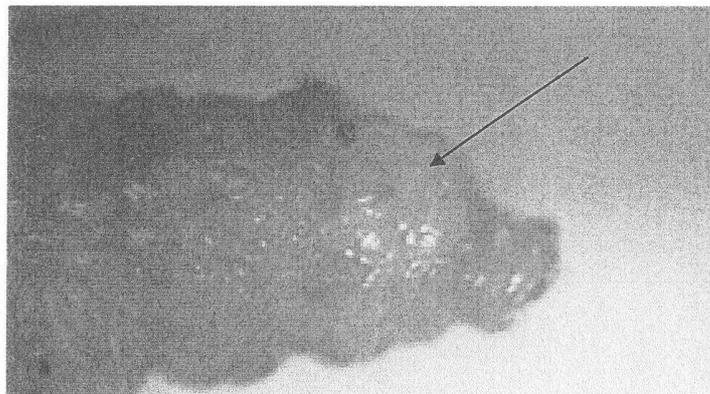


Figura 23. Lesión causada por un entomopatógeno que causa decoloración.

La consistencia en larvas parasitadas es normal. Cuando las larvas de la familia Tachinidae se encuentran en su último instar, el gusano rojo del maguey ya no presenta tejido interno, pues ya ha sido consumido por las larvas del parasitoide.

3.3. Conclusiones

- Existen características superficiales que sirven como herramienta para el control de calidad del gusano rojo del maguey.
- Las lesiones ventrales o laterales con presencia de melanización y un orificio, son características del ataque de un parasitoide.

Literatura Citada

- Almanza-Valenzuela, E. I. 2007. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 48 p.
- Camacho, V. A., D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna, F. Rivera-Torres y Organización Ambientalista Tlaxcalteca Ometeotl A. C. 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 4: 599-603.
- Chapman, R. F. 1998. *The Insects Structure and Function*. 4th Ed. Cambridge. University Press. England. 374 p.
- Clausen, C. P. 1972. *Entomophagous Insects*. Hafner Publishing. New York. 688 p.
- Dampf, A. 1927. Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypopta agavis* Blázquez *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera, familia Cossidae), plaga de los magueyes en la mesa central de México. *Oficina para la Defensa Agrícola* 26 p.
- Esparza-Frausto, G., F. J. Macías-Rodríguez, M. Martínez-Salvador. 2008. Insectos comestibles asociados a las magueyeras en el Ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. *Agrociencia* 42: 243-252.
- Feener, D. H. and B. V. Brown. 1997. Diptera as parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 73-97.
- Geoff, R. A., D. Kamien, O. Berry, P. Byrne and J. Hunt. 1999. Larviposition, host cues, and planidial behavior in the sound-locating parasitoid fly *Homotrixa alleni* (Diptera: Tachinidae). *J. Insect Behavior* 12: 67-79.
- Granados, S. D. 1993. *Los Agaves de México*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.

- Hernández- Livera, R. A., C. Llanderal-Cázares, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco y R. Nieto-Hernández. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia* 39: 539-544.
- Pérez, S. P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw) en la mesa central de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 63 p.
- Poinar, Jr. G. O. and G. M. Thomas. 1982. Diagnostic Manual for the Identification of Insect Pathogens. 2ª edición. Plenum Press. New York. 218 p.
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, and some measures to preserve them. *Jour. Ethnobiol.* 2: 1-10.
- Snodgrass, R. E. 1935. Principles of Insects Morphology. McGraw-Hill Book. New York. 643 p.
- Stireman, J. O., J. E. O'Hara y D. M. Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, behavior, and ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 525-555.
- Valenzuela-Beltrán, J. A. 2007. Propuesta de una mezcla de mercadotecnia para la comercialización de gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* (Hamm.). Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 139 p.
- Wigglesworth, V. B. 1972. The Principles of Insect Physiology. 7a. ed. Chapman and Hall. London. p. 385-388.

CAPITULO 4

Determinación indirecta del instar en larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm.

Resumen

El instar en los insectos está relacionado con el desarrollo de los individuos y es una de las características que se toman en cuenta para la selección de larvas que se usarán como pie de cría del gusano rojo del maguey. Su determinación precisa requiere del sacrificio de la larva, ya que es necesario desprender la cápsula cefálica para medirla. Se propone un modelo de regresión simple en función del peso de la larva, el cual está relacionado con la anchura de la cápsula cefálica y que puede aplicarse en poblaciones o muestras muy grandes.

4.1. Introducción

El reconocimiento de los instares larvales y por consiguiente de su grado de madurez es importante para un mejor manejo del insecto, ya sea que éste se utilice como pie de cría o para su comercialización (Hernández-Livera *et al.* 2005), pues en el procedimiento típico de recolección se extraen de las plantas infestadas todas las larvas, incluyendo las que no han completado su desarrollo (Granados 1993).

Dyar en 1890, estableció que una área esclerosada del cuerpo de un insecto, como la cápsula cefálica, permanece más o menos constante en tamaño durante un mismo instar, con una progresión geométrica regular de una muda a otra (Chapman 1998), lo que fue comprobado para *C. redtenbacheri* por Hernández-Livera *et al.* (2005), quienes determinaron la existencia de siete instares larvarios por medición de la cápsula cefálica. No obstante que muchos estudios concuerdan con el concepto de Dyar, hay casos en los que los resultados no se ajustan a éste, como sucede en el caso de *Zeuzera pyrina* (L.) (Lepidoptera: Cossidae) (García y Haro 1987).

El objetivo de este trabajo fue determinar de manera indirecta los instares larvales del gusano rojo del maguey, tanto en muestras de campo como comerciales, utilizando el peso como variable, en función de la anchura de la cápsula cefálica de las larvas de *C. redtenbacheri*.

4.2. Materiales y Métodos

4.2.1. Material biológico

El material biológico fue colectado en la localidad de San Juan Tianguistongo, municipio de Hueyapoxtla, México, ubicada al N 20° 00' 45" y WO 99° 02' 34" y con una altura de 2494 m (Fig. 12 y 13). Se colectaron 31 plantas de maguey (*Agave salmiana* Salm-Dick) de aproximadamente tres años de edad, cuyos síntomas y signos sugerían la presencia del gusano rojo del maguey el 27 de agosto de 2007. Las plantas se depositaron en bolsas de plástico y se etiquetaron con los datos obtenidos mediante el GPS eTrexLegend™ personal navigator®. Los magueyes se trasladaron al laboratorio de Fisiología de Insectos del Colegio de Postgraduados (CP), campus Montecillo, en el estado de México, para extraer a las larvas de *C. redtenbacheri* contenidas en cada planta. Se registraron los datos de longitud y diámetro de las plantas y el número de larvas contenidas en cada una de ellas. Un total de 1200 larvas fueron colectadas entre las plantas de maguey (campo) y las que se compraron a los vendedores de la carretera Otumba-Tulancingo, en el estado de México, los días 1° de septiembre y el 4 de octubre del 2007 (comercial).

4.2.2. Registro del peso de las larvas y medida de la cápsula cefálica

Se pesaron las 1200 larvas de las muestras de campo y comerciales con ayuda de una balanza analítica OHAUS® y se registraron los datos para cada individuo.

En 264 de esas larvas, que constituyeron el 22% de la muestra, tanto de campo como de la comercial, se registró la anchura de la cápsula cefálica por medio de la toma de fotografías y la medición de éstas con el programa Image Tool V. 3 (Figura 24), siguiendo el procedimiento reportado por Hernández-Livera *et al.* (2005).

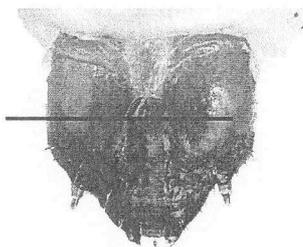


Figura 24. Cápsula cefálica de una larva de *C. redtenbacheri* (la línea indica la parte más ancha de la cápsula).

Se hizo un análisis de regresión para definir la relación entre el peso de la larva (g) y la medida de la cápsula cefálica (μm).

4.2.3. Frecuencia relativa de *C. redtenbacheri* Hamm.

La frecuencia relativa fue calculada con los grupos formados por las larvas de cada tipo de muestra. Se calculó el porcentaje de larvas de cada muestra y se agruparon de acuerdo al instar. Los datos de las marcas de clase se dispusieron en el eje de las ordenadas y las frecuencias por instar en el eje de las abscisas.

4.3. Resultados y Discusión

En el 22% de la muestra total se observó una relación entre el peso y la anchura de la cápsula cefálica (Figura 25) que muestra que a mayor peso de la larva, la medida de la cápsula cefálica será mayor. Las larvas de las muestras de campo y las comerciales se encontraron en un rango de peso de 0.009 a 1.12 g, concentradas principalmente en los intervalos de 1000 a 2500 μm en cuanto a la anchura de la cápsula, lo cual correspondería al quinto instar larval de acuerdo con Hernández-Livera *et al.* (2005).

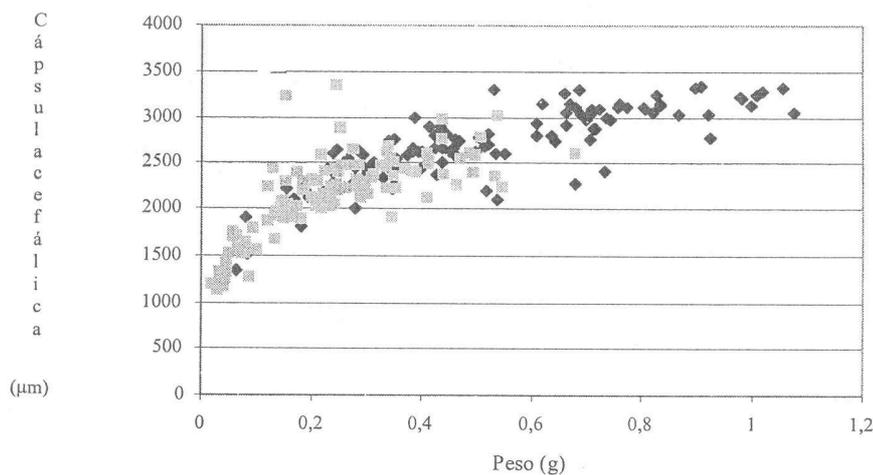
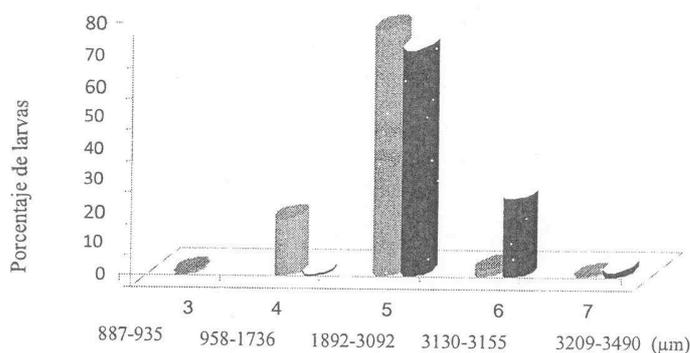


Figura 25. Relación entre el peso de la larva y la anchura de la cápsula cefálica en muestras de campo y comercial \blacklozenge .

El extremo inferior de los datos está representado por larvas de menor peso y menor madurez para el caso de la muestra de campo, mientras que el extremo superior se encuentra representado por larvas de la muestra comercial con mayor grado de desarrollo. La muestra de campo se encuentra en pesos menores a 0.8 g, que corresponden a larvas de los instares tercero a sexto (Figura 26), pues se colectó cuando ya había iniciado la temporada anual de venta del gusano rojo y una gran proporción de las plantas ya habían sido revisadas previamente, de modo que esta muestra estuvo representada por los remanentes de colectas

realizadas por otras personas. Además, Granados (1993) menciona que las lluvias que ocurren en los meses de julio a septiembre, estimulan a que las larvas de último instar salgan en forma natural del maguey, de manera que abandonan la planta sólo aquellas que están listas para pupar. Por lo tanto, posiblemente la época de colecta influyó para que las muestras, sobre todo la de campo, estuvieran representadas por instares menores, ya que las larvas completamente maduras ya habían abandonado la planta.

Por su parte, las muestras comerciales estuvieron representadas por larvas de los instares cinco a siete con peso entre 0.4 a 1.12 g (Figuras 25 y 26), lo que se puede explicar como lo menciona Valenzuela-Beltrán (2007), por el hecho de que los recolectores eligen para su venta las larvas de mayor tamaño y maduras, que cumplan con las expectativas de los compradores; el autor considera maduras aquellas larvas con peso entre 0.6 a poco más de 1.0 g, con base en un estudio llevado a cabo en la región de Texcoco, a la que considera como una zona de alta transitabilidad y que se puede tomar como un punto de reunión de varios acaparadores de otras zonas.



Instar e intervalos de cápsula cefálica de *Comadia redtenbacheri* Hamm.

Figura 26. Frecuencia relativa de la medida de la cápsula cefálica e instar de *C. redtenbacheri* en muestras de campo y comerciales.

De manera general y como se muestra en la Figura 26, la población correspondió principalmente al quinto instar y tanto el tercero como el séptimo fueron los instares menos abundantes. Es importante hacer notar que la presencia de larvas de cinco instares distintos sugiere un traslape de generaciones. La presencia de larvas en diferentes estados de desarrollo, incluso en una misma planta, fue registrada por Camacho *et al.* (2003), quienes

mencionan que es posible coleccionar larvas de varios tamaños en el mes de enero y en otras épocas del año.

El modelo de regresión para determinar el instar de la población restante tanto en ajuste como en predicción, presenta la siguiente estructura y a partir de éste se generaron más modelos (Anexo 3):

$$\log_{10}(M) = \beta_0 + \beta_1 \times \log_{10}(P \times 100) \dots \dots \dots (1)$$

donde: $\log_{10}(M)$ = logaritmo base 10 de la medida de la cápsula cefálica M en micras, P es el peso en gramos de la larva de *C. redtenbacheri* y β_0 y β_1 son los coeficientes de regresión.

La tendencia del peso y la medida de la cápsula cefálica (Figura 27), muestra que las larvas de peso menor, presentarán menor tamaño de la cápsula cefálica, mientras que las larvas de mayor peso tendrán por tanto, mayor medida de la cápsula y esto concuerda con el desarrollo del individuo. Las larvas de mayor peso y por tanto de mayor desarrollo presentarán mayor demanda por parte de los colectores y los compradores.

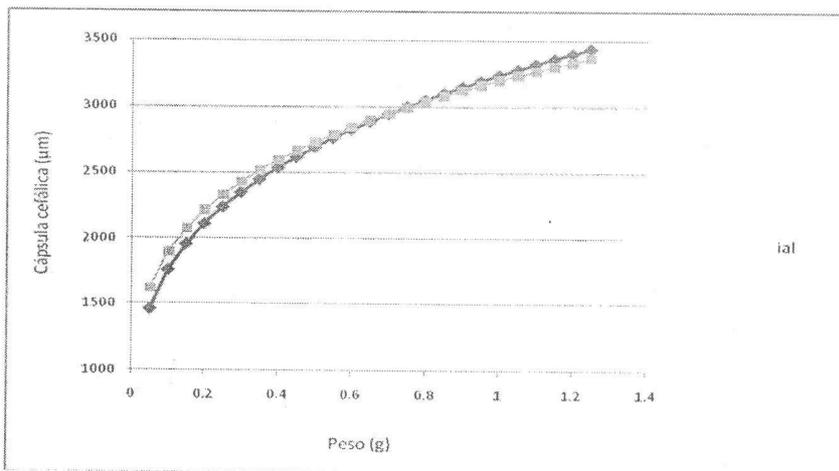


Figura 27. Tendencia del peso de la larva y anchura de la cápsula cefálica en muestras de \blacksquare campo y \square comercial. Los valores de la anchura de la cápsula medidos permitieron corroborar que las muestras comerciales y de campo estuvieron representadas en conjunto por los instares tres al siete, con un rango de peso de 0.009 g a 1.054 g (Cuadro 3).

Cuadro 3. Instares estimados a partir del peso para el total de la muestra de *C. redtenbacheri*.

Rango de peso (g)	Peso promedio (g)	Rango anchura de la cápsula cefálica observada (µm)	Anchura estimada de la cápsula cefálica	Instar observado	Instar estimado*
0.009-0.01	0.0095	887.36-934.89	939.99	3	3
0.016-0.599	0.0583	957.89-1736.36	1519.92	4	4
0.057-1.095	0.2943	1891.62-3092.05	2339.14	5	5
0.251-1.122	0.6337	3130.07-3154.64	2867.61	6	6
0.129-1.054	0.5015	3209.29-3489.69	2665.62	7	6

* Hernández-Livera *et al.* (2005)

Con base en el peso, se sugirió el modelo para la determinación de la medida de la cápsula cefálica para esos instares, tomando como valores estimados los propuestos por Hernández-Livera *et al.* (2005) y que se presentan en el Anexo 4.

Es importante hacer notar que existen individuos que presentan un menor peso, aunque el instar en el que se encuentran indica que son individuos más desarrollados, situación que se puede presentar en las poblaciones a consecuencia de la falta de alimento, competencia por espacio y otras razones. Esto sucedió sobre todo en las muestras comerciales, que al parecer son mantenidas bajo situaciones de estrés por manipulación continua y falta de alimento, lo que aunado a la producción intensa de secreciones que las larvas utilizan para cubrirse, posiblemente ocasiona un gasto de energía y de reservas y por lo tanto una pérdida de peso.

En el Cuadro 3 se observa un traslape entre el instar seis y siete, lo que probablemente se deba a que sólo se encontraron dos individuos del último, lo cual hace la muestra poco representativa para el cálculo de un promedio seguro. Sin embargo, para fines de la selección del pie de cría esto no implica problema, ya que se seleccionan larvas de los instares cinco a siete para la pupación y hace el trabajo más práctico.

La utilidad práctica de conocer la relación entre la medida de la cápsula cefálica y el peso, permite definir el instar de una larva en función de la segunda variable, con ahorro de tiempo y esfuerzo al manejar muestras grandes y ante la inconveniencia de sacrificar a las larvas para conocer el instar. En el trabajo de Hernández-Livera *et al.* (2005) se muestran las medidas precisas de los límites de anchura de la cápsula cefálica (Anexo 4), que corresponden a los diferentes instares larvarios de *C. redtenbacheri*, mismos que se tomaron como base para

determinar los rangos del modelo propuesto, el cual puede ser utilizado como una herramienta de análisis comparativo, aunque no haya una correspondencia exacta entre los dos trabajos, debido a la diferencia en el tamaño de muestra utilizado y en los ajustes estadísticos efectuados en cada caso.

La información propuesta por el modelo permitirá una selección de las larvas para lograr un mejor control de calidad como pie de cría y para su comercialización, además de facilitar el manejo de las muestras.

4.4. Conclusiones

- La relación cuantificable entre el peso de la larva y la medida de la cápsula cefálica, permitió estimar de manera indirecta el tamaño de ésta y determinar el instar de la larva. Existe utilidad práctica en conocer el instar, pues ahorra tiempo y esfuerzo en muestras grandes.
- Existe un traslape entre los instares seis y siete, para el cálculo de manera indirecta del instar en función con el peso, aunque para fines de manejo para la producción la diferencia entre el instar seis y siete es poco relevante.
- El tamaño de la muestra es importante, pues debe ser representativa, ya que el traslape que se da entre los instares seis y siete podrían deberse a esto.

Literatura Citada

- Camacho, V. A., D., A. Sánchez-Hernández, J. E. Jiménez-Luna y A. Nolasco-Miguel. 2003. Observaciones en condiciones de laboratorio de la biología del "gusano rojo del maguey" *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 2: 281-287.
- Chapman, R. F. 1998. *The Insects Structure and Function*. 4th Ed. Cambridge. University Press. England. 374 p.
- García, P. F. y A. Haro. 1987. Determinación y caracterización de los estadios larvales de *Zeuzera pyrina* (Lepidoptera: Cossidae) en un cultivo de laboratorio. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 11:43-56.
- Granados, S. D. 1993. *Los Agaves de México*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.

- Hernández-Livera, R. A., C. Llanderal-Cázares, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco y R. Nieto-Hernández. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia* 39: 539-544.
- Valenzuela-Beltrán, J. A. 2007. Propuesta de una mezcla de Mercadotecnia para la comercialización de gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* (Hamm.). Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 139 p.

CAPITULO 5

Análisis de riesgo de parasitismo en larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm.

Resumen

El gusano rojo del maguey es un recurso natural rentable en México. Con la finalidad de establecer un pie de cría de este insecto se generó un modelo de riesgo para conocer la probabilidad de infestación por parasitoides de la larva de *C. redtenbacheri*, mediante el uso de variables cualitativas y cuantitativas, además de la relación entre éstas. Las variables que tuvieron mayor significancia para generar el modelo fueron el peso y la posición de la lesión causada por los parasitoides en la larva *C. redtenbacheri* ya que existe mayor probabilidad de que una larva que presente una lesión ventral, lateral o ambas, se encuentre parasitada.

5.1. Introducción

Comadia redtenbacheri (Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae) es una especie de interés comercial y esto ha motivado el establecimiento de unidades de producción rural para la reproducción intensiva de gusano rojo, logrando colonizaciones variables de agaves previamente establecidos en parcelas (Nolasco-Miguel *et al.* 2002, Camacho *et al.* 2005), pero la oferta sigue dependiendo de la colecta de poblaciones silvestres. En algunas de éstas experiencias Camacho *et al.* (2003) encontraron que debido a la alta mortalidad de larvas y pupas no se logró una liberación de adultos de *C. redtenbacheri* en cantidades suficientes para obtener niveles altos de colonización y abrir la posibilidad de un aprovechamiento comercial para Tlaxcala (Santiago Cuauila, San Felipe Sultepec y San Mateo). Como toda población natural, la del gusano rojo es afectada por la presencia de endoparasitoides, tanto dípteros como himenópteros, que afectan la tasa de supervivencia de los individuos y en consecuencia el éxito de los programas de reproducción (Camacho *et al.* 2005, Zetina *et al.* 2008).

El análisis de regresión logística es una técnica ampliamente utilizada para el estudio de variables discretas y análisis de riesgo. Este modelo tiene como objetivo, modelar la aparición de un suceso con probabilidad de fracaso 0 o de éxito 1, ya que con base en la presencia de diversos factores y el nivel de los mismos, permite estudiar qué tan probable es el evento de interés y como éste depende del resto de la variables (Agresti 2002). Este modelo se ha utilizado ampliamente para predecir mortalidad de árboles dañados por fuego y para conocer la probabilidad de que un árbol sea colonizado por diferentes géneros de descortezadores (Fonseca *et al.* 2008). La regresión logística es útil para el análisis de datos en investigación

clínica y epidemiológica, por ejemplo, si se quiere comparar la eficacia de diversos tipos de tratamientos para determinados grados de infestación (Barón-López y Téllez 1995, Boggio 1997). También se ha utilizado este tipo de modelo para la evaluación de productos químicos como los insecticidas para el combate de diversas plagas, para poder determinar la dosis letal 50 (DL50), cuyo objetivo radica en conocer la dosis que probabilísticamente causa la muerte del 50% de la población en estudio (Miller y Miller 1993).

La implementación de un sistema de producción intensivo de larvas de gusano rojo requiere conocer la probabilidad de infestación a nivel individual y de la población, puesto que el éxito de un pié de cría depende de que los individuos completen su ciclo de desarrollo. Una larva de gusano rojo de maguey en buenas condiciones tendrá mayor probabilidad de llegar a su estado adulto y reproducirse, por lo que el objetivo del trabajo fue el de elaborar un modelo de riesgo para calcular la probabilidad de parasitismo en larvas de *C. redtenbacheri*.

5.2. Materiales y Métodos

El 27 de septiembre de 2007 se colectaron 31 plantas de maguey en la localidad de San Juan Tianguistongo, municipio de Hueyapoxtla, México, cuyas coordenadas fueron N 20° 00' 45'' y WO 99° 02' 34'', a una altitud de 2494 m (Fig. 12 y 13) y otras 31 muestras comerciales se obtuvieron con vendedores de la carretera Tulancingo-Otumba, México. Se obtuvieron un total de 1200 larvas entre ambas muestras. Para cada larva colectada se midieron y registraron las características cuantitativas y cualitativas como peso, procedencia de la muestra, color, consistencia, instar, así como posición y tipo de lesión.

Para conocer la infestación individual se realizaron disecciones de ambas muestras y se tomó en cuenta la evidencia externa e interna medible de cada larva como: población; presencia, tipo y número de parasitoides; signos y síntomas; peso de cada individuo y medida de la cápsula cefálica del 22% de las muestras de campo y comercial, con base en el trabajo de Hernández-Livera *et al.* (2005) y de manera indirecta para el 78% de la muestra restante por medio del modelo de regresión descrito en el Capítulo 4. Se tomaron también otras características externas como el patrón de coloración (Clase 1: larva de color blanco o pálido; Clase 2: larva de color rosado pálido y Clase 3: larva de color rojo) (Figura 28), consistencia (Clase 1: consistencia dura; Clase 2: consistencia blanda y Clase 3: consistencia frágil), lesiones (posición: anterior, media y posterior; ventral, lateral o dorsal) y manchas que pudieran presentar (Clase 0: ausencia de lesión; Clase 1: lesión causada por parasitoide, en

donde se observa una melanización con orificio de entrada del parasitoide (Figuras 17-22, 29a); Clase 2: lesión melanizada sin orificio a manera de rasguño (Figuras 15 y 29b); Clase 3: lesión superficial (Figura 16), causada por agentes patógenos.

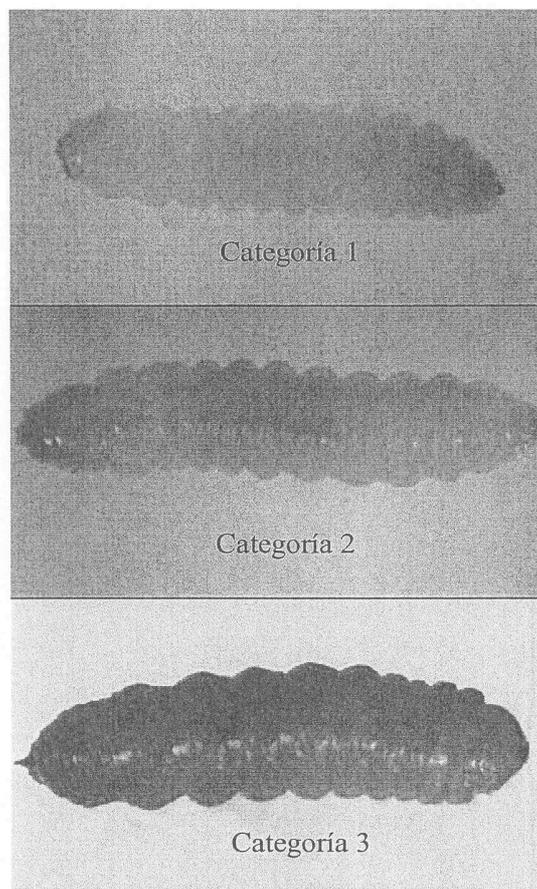


Figura 28. Categorías de coloración en larvas de gusano rojo de maguey (*C. redtenbacheri* Hamm.)

Las características que se tomaron en cuenta de cada larva fueron analizadas una contra otra, realizando varias combinaciones y descartándolas de acuerdo a la significancia con el programa de Statistical Analysis System (1997) (SAS). Se calculó la probabilidad de que las larvas de *C. redtenbacheri* estuvieran parasitadas con base en las características cualitativas y cuantitativas presentes en cada individuo. Se realizó un análisis logístico múltiple con base en características de peso, instar y presencia de parasitoides, tipo y posición de la lesión.

5. 3. Resultados y Discusión

Descartando las características poco significativas y quedando sólo las variables peso y posición de la lesión, se generó un modelo básico de riesgo cuya estructura es la siguiente:

$$P = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 V + \beta_3 L)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 V + \beta_3 L)}$$

Donde: P es el valor de probabilidad de parasitismo entre 0 y 1, β_j es coeficiente de regresión de la j -ésima variable independiente; p es el peso del gusano rojo en gramos, L es la variable dicotómica igual a 1 si existe al menos una lesión lateral, 0 de otra forma; V es la variable dicotómica igual a 1 si existe al menos una lesión ventral, 0 de otra forma. La presencia de una lesión aumenta la probabilidad de que la larva de gusano rojo del maguey se encuentre parasitada.

En el Cuadro 4 se observa el ajuste del modelo logístico, en donde las variables tanto de peso, como las lesiones en posición ventral y lateral, fueron significativas. Los valores muestran que el evento de éxito (el que un individuo esté parasitado) es de uno, cero de otra forma (no parasitado). El signo negativo para el intercepto y el parámetro β_1 indica que el evento tiene alta probabilidad de éxito cuando el peso es bajo. Además, la lesión lateral tiene un efecto mayor que la ventral de acuerdo al éxito del evento, el cual aumentará si ambos tipos de lesiones se presentan juntas.

Cuadro 4. Parámetros estimados (P . estimado) para el modelo de riesgo de parasitismo de *C. redtenbacheri*.

Parámetro	Variable Independiente	GL	Parámetro estimado	Error estándar	Chi ² de Wald	Pr > Chi ²
β_0	Intercepto	1	-2.3767	0.2652	80.3241	<.0001
β_1	Peso (p)	1	-4.133	0.7661	29.1017	<.0001
β_2	Ventral (V)	1	1.7207	0.2899	35.2319	<.0001
β_3	Lateral (L)	1	2.1122	0.2837	55.4331	<.0001

Existen diferentes tipos de lesiones causadas por diversos agentes. En la Figura 29a se muestra la lesión característica causada en el hospedero por una larva de díptero, mientras que las lesiones señaladas en la Figura 29b pueden deberse a diversos factores, por ejemplo a un daño de tipo mecánico. Con respecto a las lesiones causadas por endoparasitoides, Feener y Brown (1997) mencionan que la presencia de un ovipositor en las hembras de la familia Ichneumonidae causará a su hospedero una lesión de menor grado al depositar los huevos dentro de larvas, en especial de lepidópteros. En cambio, los miembros de la familia Tachinidae causan mayor daño en los puntos de entrada de sus larvas hospederas, ya que

estos presentan especies denominadas parasitoides externos, cuya larva busca y penetra en el tejido del hospedero, causando su rompimiento (Clausen 1972, Stireman *et al.* 2006).

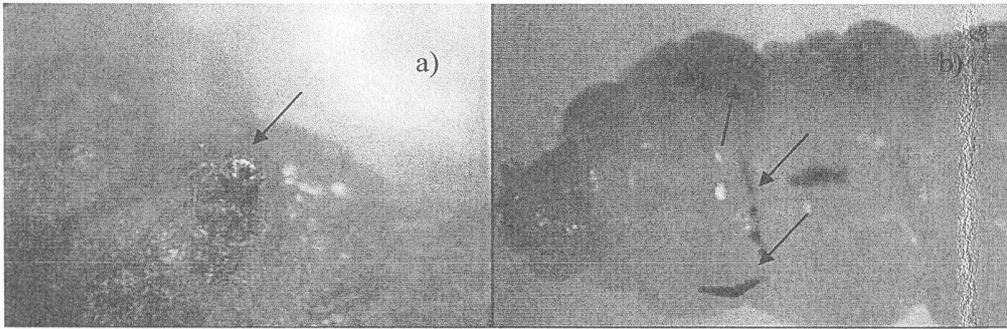


Figura 29. Lesiones y manchas en larvas de *C. redtenbacheri*. a) Lesión melanizada causada por la penetración de una larva de díptero ubicada lateralmente. b) Lesiones a manera de cicatriz en posición ventral y lateral.

En la Figura 30 se observa que las larvas de menor peso tienen mayor probabilidad de estar parasitadas y lo mismo sucede cuando presentan una lesión; la presencia de una lesión lateral aumenta la probabilidad de que el individuo se encuentre parasitado y es mayor si se presentan ambos tipos de lesión en la misma larva. Así, una larva muy pequeña (0.009 g) con una lesión lateral, tiene mayor probabilidad de estar parasitada que una sin presencia de lesión (42% contra menos del 10%). Si la lesión se encuentra en posición ventral, la probabilidad de que la larva se encuentre parasitada es de 33% en larvas con peso menor a 0.6 g, mientras que si se presentan las dos lesiones en individuos de peso menor al mencionado, la probabilidad de que la larva esté parasitada es de 80% (Anexo 5). Obviamente, la probabilidad de parasitismo disminuye considerablemente en individuos que no presentan lesiones (< 10%).

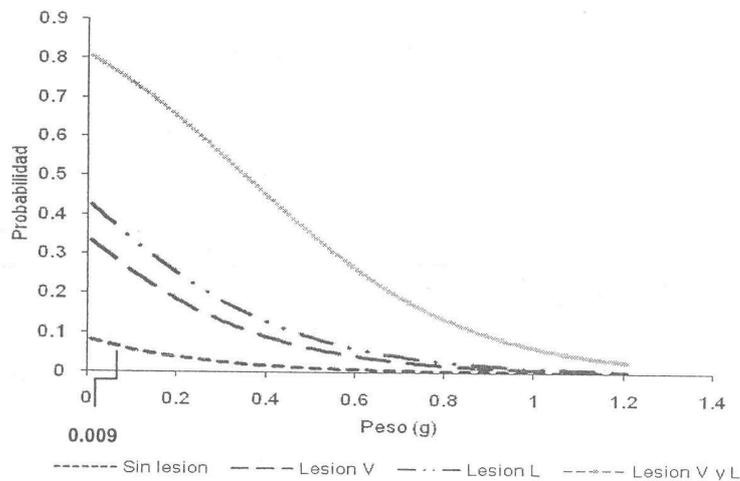


Figura 30. Probabilidad de riesgo de parasitismo en larvas de *C. redtenbacheri* en función del peso y la posición de la lesión.

La preferencia de un parasitoide por larvas jóvenes se puede explicar, si se considera que la duración de vida del hospedero debe ser suficiente para completar el desarrollo del parasitoide (Clausen 1972), el cual elige a su hospedero con base en las características físicas y los compuestos químicos emanados por éste, como lo menciona Bradleigh (1984).

La duración anual del ciclo de vida, además de la depredación, destrucción del maguey por parte de los que recolectan el gusano rojo, desaparición de lugares de producción, manipulación durante la recolección y el acopio que contamina las poblaciones, así como la venta por temporadas aún en condiciones deplorables, hacen que el valor del insecto se incremente, por lo que se busca la menor pérdida en costos y tiempo (Valenzuela-Beltrán 2007), por lo que un modelo de riesgo que indique la probabilidad de que una larva esté o no parasitada puede mejorar la selección de material de calidad con el que se iniciará un pié de cría, ya que como lo menciona Almanza-Valenzuela (2007) las larvas seleccionadas de acuerdo a su desarrollo y otras características, se ubican en charolas para la pupación y consiguiente obtención de adultos para su apareamiento y oviposición.

5.4. Conclusiones

El modelo de riesgo generado con base en el peso y el tipo de lesión, permite calcular la probabilidad de parasitismo en larvas de *C. redtenbacheri*. Las principales lesiones

relacionadas son aquellas ventrales o laterales con presencia de melanización y un orificio que indica el punto de entrada del parasitoide.

Mediante la selección de larvas maduras y sanas, es posible un mejor aprovechamiento de poblaciones del gusano rojo del maguey utilizadas como pie de cría.

Literatura Citada

- Almanza-Valenzuela, E. I. 2007. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 48 p.
- Agresti, A. 2002. Categorical data analysis. 2nd Ed. Wiley, John y Sons, Inc. p. 79-129.
- Barón-López, F. J. y F. Téllez Montiel. 1995. Identificación de factores de riesgo. In: Apuntes de Bioestadística. Facultad de Ciencias. Valladolid, España. 88 p.
- Boggio, G. 1997. Modelo de regresión logística aplicado a un estudio sobre enfermedad de Chagas. Cad. Saude Publica 3 (3): 389-396.
- Bradleigh, V. S. 1984. Parasitoid-host relationship. In: Chemical Ecology of Insects. Bell, W.J. and R. T. Cardé (Eds.). Chapman and Hall. E. U.A. p. 205-225.
- Camacho, V. A. D., A. Sánchez-Hernández, J. E. Jiménez-Luna y A. Nolasco-Miguel. 2003. Observaciones en condiciones de laboratorio de la biología del "gusano rojo del maguey" *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana 2: 281-287.
- Camacho, V. A. D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna, F. Rivera-Torres y Organización Ambientalista Tlaxcalteca Ometeotl A. C. 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana. 4: 599-603.
- Clausen, C. P. 1972. Entomophagous Insects. Hafner Publishing. New York. 688 p.
- Dampf, A. 1927. Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypopta agavis* Blázquez *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera, familia Cossidae), plaga de los magueyes en la mesa central de México. Oficina para la Defensa Agrícola 26 p.
- Fonseca-González, J., H. M. de los Santos Posadas, C. Llanderal-Cázares, D. Cibrián-Tovar, D. A. Rodríguez-Trejo y J. Vargas-Hernández. 2008. *Ips* e insectos barrenadores en árboles de *Pinus montezumae* dañados por incendios forestales. Madera y Bosques 14(1): 69-80..

- Hernández- Livera, R. A., C. Llanderal-Cázares, L. E. Castillo-Márquez, J. Valdez-Carrasco y R. Nieto-Hernández. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm.) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia* 39: 539-544.
- Miller, J.C. y J. N. Miller. 1993. *Estadística para Química Analítica*. 2ª Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Delaware, USA. 147 p.
- Nolasco, M. A., J. E. Jiménez L. y A. D. Camacho. 2002. Inducción de la pupación del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*. 1: 125-130.
- Statistical Analysis System (SAS). 1997. *The SAS system for windows*. V 6.12. University of Minnesota.
- Stireman, J. O., J. E. O'Hara and D. M. Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, behavior, and ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 525-555.
- Valenzuela-Beltrán, J. A. 2007. Propuesta de una mezcla de Mercadotecnia para la comercialización de gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* (Hamm.). Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 139 p.
- Zetina, D. A. H., C. Llanderal-Cázares, H. Huerta, R. Nieto-Hernández y H. M. de los Santos-Posadas. 2008. Endoparasitoides de *Comadia redtenbacheri* Hamm. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana* 7: 958-962.

ANEXOS

Anexo I. Registro de larvas parasitadas de gusano rojo de maguey en muestras de campo y comercial

Colecta	Muestra	Peso (gr)	Color	Instar	No. parasitoides	Tipo parasitoide	Cápsula Cefálica (μm)
NAT	6	0,389	3	5	1	HYMENOPTERA	2397,89
NAT	10	0,184	2	5	1	HYMENOPTERA	2186,75
NAT	10	0,188	1	5	1	HYMENOPTERA	2185,35
NAT	10	0,121	1	5	1	HYMENOPTERA	1856,52
NAT	17	0,048	1	4	1	HYMENOPTERA	1318,16
NAT	19	0,03	1	4	1	HYMENOPTERA	1135,7
NAT	19	0,035	1	4	1	HYMENOPTERA	1296,08
NAT	19	0,035	1	4	1	HYMENOPTERA	1222,87
NAT	19	0,033	1	4	1	HYMENOPTERA	1312,72
NAT	19	0,032	1	4	1	HYMENOPTERA	1272,17
NAT	19	0,029	1	4	1	HYMENOPTERA	1128,84
NAT	19	0,02	1	4	1	HYMENOPTERA	1179,07
NAT	19	0,019	1	4	1	HYMENOPTERA	1077,64
NAT	21	0,143	3	5	1	HYMENOPTERA	1998,48
NAT	21	0,183	2	5	1	HYMENOPTERA	1886,12
NAT	21	0,156	2	5	1	HYMENOPTERA	1909,11
NAT	21	0,155	2	5	1	HYMENOPTERA	1921,38
NAT	21	0,165	2	5	1	HYMENOPTERA	1901,86
NAT	21	0,136	2	4	1	HYMENOPTERA	1672,13
NAT	21	0,157	2	5	1	HYMENOPTERA	2046,08
NAT	21	0,12	2	5	1	HYMENOPTERA	2229,66
NAT	21	0,1	2	4	1	HYMENOPTERA	1553,72
NAT	21	0,136	2	5	1	HYMENOPTERA	1913,56
NAT	21	0,15	2	5	1	HYMENOPTERA	1886,71
NAT	21	0,144	2	5	1	HYMENOPTERA	1967,75
NAT	23	0,211	3	5	1	HYMENOPTERA	2287,99
NAT	26	0,217	2	5	1	HYMENOPTERA	2577,5
NAT	26	0,202	3	5	1	HYMENOPTERA	2111,57
NAT	26	0,234	3	5	1	HYMENOPTERA	2140,98
NAT	26	0,223	3	5	1	HYMENOPTERA	2151,89
NAT	26	0,234	3	5	1	HYMENOPTERA	2242,05
NAT	26	0,236	3	5	1	HYMENOPTERA	2010,66
NAT	26	0,25	3	5	1	HYMENOPTERA	2185,63
NAT	26	0,294	3	5	1	HYMENOPTERA	2257,73
NAT	32	0,548	3	5	1	HYMENOPTERA	2240,09
NAT	32	0,337	3	5	1	HYMENOPTERA	2205,7
NAT	32	0,283	3	5	1	HYMENOPTERA	2314,88
NAT	32	0,289	3	5	1	HYMENOPTERA	2117,63
NAT	32	0,344	3	5	1	HYMENOPTERA	2546,4
NAT	30	0,086	1	4	1	HYMENOPTERA	1264,36
NAT	30	0,057	1	4	1	HYMENOPTERA	1687,88
NAT	30	0,08	1	4	1	HYMENOPTERA	1516,15
NAT	31	0,174	3	5	1	HYMENOPTERA	2389,18
NAT	31	0,249	3	5	1	HYMENOPTERA	2227,23
NAT	31	0,196	3	5	1	HYMENOPTERA	2282,26
NAT	31	0,255	3	5	1	HYMENOPTERA	2467,82
NAT	31	0,207	3	5	1	HYMENOPTERA	2117,6
NAT	31	0,245	2	5	1	HYMENOPTERA	2248,27
NAT	31	0,202	2	5	1	HYMENOPTERA	2312,03
NAT	31	0,176	2	5	1	HYMENOPTERA	2017,23

Anexo 1. Continuación

Colecta	Muestra	Peso (gr)	Color	Instar	No. parasitoides	Tipo parasitoide	Cápsula Cefálica (µm)
NAT	31	0,217	2	5	1	HYMENOPTERA	2000,01
NAT	32	0,268	3	5	1	HYMENOPTERA	2458,1
COM	2	0,168	2	5	1	HYMENOPTERA	2102,95
COM	3	0,423	3	6	1	HYMENOPTERA	2804,14
COM	7	0,222	3	5	1	HYMENOPTERA	2170,34
COM	9	0,244	2	5	1	HYMENOPTERA	2646,13
COM	10	0,228	3	5	1	HYMENOPTERA	2423,75
COM	17	0,399	3	5	1	HYMENOPTERA	2611,7
COM	22	0,293	2	5	1	HYMENOPTERA	2590,49
COM	23	0,521	3	6	1	HYMENOPTERA	2807,69
COM	23	0,374	3	5	1	HYMENOPTERA	2576,67
COM	24	0,495	3	5	1	HYMENOPTERA	2604,92
COM	25	0,518	3	5	1	HYMENOPTERA	2186,75
COM	26	0,314	2	5	1	HYMENOPTERA	2497,52
COM	26	0,384	3	5	1	HYMENOPTERA	2669,52
COM	29	0,438	2	5	1	HYMENOPTERA	2660,64
COM	12	0,295	3	5	1	HYMENOPTERA	2453,69
COM	4	0,338	3	6	4	DIPTERA	2728,54
COM	17	0,539	3	5	2	DIPTERA	2102,92
COM	19	0,413	3	6	1	DIPTERA	2890,23
COM	23	0,723	3	6	1	DIPTERA	3093,21
COM	24	0,456	3	5	1	DIPTERA	2665,54
COM	28	0,773	3	6	5	DIPTERA	3115,02
COM	28	0,678	3	6	1	DIPTERA	3100,92

Anexo 2. Variables medidas en plantas de maguey (*A. salmiana*) en la localidad de San Juan Tianguistongo, Hueypoxtla, México.

Registro	Altura	Diámetro	Rizoma	GRM*/planta
1	71,2	80	20	12
2	21,5	20	6,7	9
3	36,7	30	10	1
4	34,3	50	8	17
5	30	62,1	7	9
6	43,2	54,1	17	28
7	57,1	51,3	20	10
8	70	64,3	2,1	17
9	100	70,6	20	27
10	87,1	81,1	10	14
11	60	54	12,1	2
12	42	61,3	8	8
13	80	63	7	12
14	68	67,2	7	21
15	40	50,4	7	3
16	50	54,3	10	40
17	40	62,6	3	16
18	60	82,1	10	35
19	39	76,4	5	34
20	59,3	67,3	6	21
21	54	50,4	6	41
22	37,1	64,1	7	9
23	54	61,2	8,3	10
24	75,4	70,3	14	11
25	84,2	64,7	17	15
26	55,3	60	23	15
27	32,3	50,4	4,2	17
28	41	44,7	5,3	18
29	70	67,4	5	9
30	56	70,3	10	11
31	63,2	70,1	10	30
32	58,3	65,7	10	58
33	60	77,5	9,2	9
34	60	56,1	10	9

* Larvas de gusano rojo del maguey

Anexo 3. Modelos generados para el análisis de riego.

Para conocer la relación existente entre las diferentes variables medidas se emplearon los siguientes modelos:

Modelo General(1) $\log_{10}(M) = \beta_0 + \beta_1 \times \log_{10}(P \times 100)$

Modelo con patrón de
coloración(2) $\log_{10}(M) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_{1P} I_P) \times \log_{10}(P \times 100)$

Modelo con procedencia
de la muestra(3) $\log_{10}(M) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_{1C} I_C) \times \log_{10}(P \times 100)$

donde: $\log_{10}(M)$ = logaritmo base 10 de la medida de la cápsula cefálica M en micras, P es el peso en gramos de la larva de *C. redtenbacheri* y β_0 y β_1 son los coeficientes de regresión.

Para el modelo 2, donde: I_P = variable indicadora igual a 1 si la larva es roja, cero de otra forma, β_{1P} es el parámetro de regresión que indica la adicionalidad por el efecto de la coloración. El análisis muestra que existe un 9% de probabilidad de rechazo del efecto de la adicionalidad debida a la muestra comercial, con una $R = 86\%$.

	Grados de libertad	SS	MS	F	Significancia F	R Cuadrada	R Cuadrada ajustada
Regresión	2	2.041974	1.020987	707.8281	2.78E-98	0.861809	0.860592
Residual	227	0.32743	0.001442				
Total	229	2.369404					

Parámetros	Coefficientes	Error Estándar	t calculada	P-value
β_{00}	2.98575	0.012007	248.6649	1.4E-278
β_1	0.258239	0.009193	28.09205	7.88E-76
β_{1C}	0.006474	0.003815	1.697159	0.091037

Para el modelo 3, donde: I_C = variable indicadora para la muestra 1 si la larva proviene de la muestra comercial y 0 de otra forma, β_{1C} es el parámetro de regresión que indica la adicionalidad por el efecto del tipo de muestra. Este modelo nos dijo que existe 9% de la probabilidad de rechazo del efecto de la adicionalidad debida a la muestra comercial, es decir, que nueve de cada cien genera un coeficiente de 16.92.

Anexo 3. Continuación.

	<i>Grados de libertad</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significancia F</i>	<i>R-cuadrada</i>	<i>Ajuste de R cuadrada</i>
Regresión	2	56076274	28038137	497.5	4.13E-90	0.790938	0.789348
Residual	263	14822167	56358.05				
Total	265	70898441					

<i>Parámetros</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error estandar</i>	<i>t calculada</i>	<i>P-value</i>
β_0	571.1429	66.40195	8.60129	7.23E-16
β_1	53.626	22.90898	23.3369	5.05E-66
β_{1c}	16.92655	9.952337	1.70076	0.09017

Anexo 4. Determinación del instar (manera indirecta).

		Instar				
		3	4	5	6	7
		0,009	0,02	0,249	0,538	0,452
		0,01	0,03	0,131	0,251	0,551
Promedio	0,0095	0,035	0,348	0,341	0,5015	
		0,038	0,243	0,436		
		0,032	0,146	0,437		
		0,033	0,169	0,508		
		0,042	0,207	0,5		
		0,029	0,415	0,736		
		0,035	0,298	0,712		
		0,032	0,44	0,423		
		0,093	0,498	0,661		
		0,136	0,411	0,821		
		0,1	0,596	0,338		
		0,086	0,389	0,609		
		0,08	0,679	0,835		
		0,057	0,314	0,467		
		0,054	0,336	0,69		
		0,095	0,351	0,385		
		0,08	0,411	0,866		
		0,08	0,335	0,504		
		0,039	0,234	0,461		
		0,045	0,296	0,707		
		0,047	0,3	0,62		
		0,068	0,26	0,806		
		0,075	0,184	0,515		
		0,047	0,196	0,761		
		0,052	0,188	0,35		
		0,044	0,121	1,077		
		0,048	0,057	0,668		
		0,065	0,095	0,705		
		0,065	0,383	0,999		
		0,085	0,463	0,698		
	0,05834375		0,412	0,803		
			0,094	0,413		
			0,158	0,434		
			0,192	0,715		
			0,206	0,756		
			0,346	0,521		
			0,279	0,925		
			0,263	0,723		
			0,139	0,607		
			0,156	0,661		
			0,143	0,706		
			0,119	0,922		
			0,183	0,445		
			0,29432934	0,63377358		

Anexo 4. Continuación.

Una vez determinado el peso promedio de los datos calculados de manera directa, se sustituyen en la fórmula:

Ejemplo:

$$\log_{10}(M) = \beta_0 + \beta_1 \times \log_{10}(P \times 100)$$

Peso promedio	Medida de la cápsula cefálica
0,0095	939,9986
0,058	1519,92
0,294	2339,143
0,633	2867,616
0,5015	2695,62

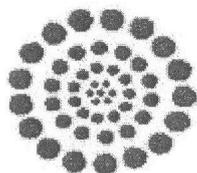
Resultados:

3	4	5	6	7	Indirecta
939,99	1519	2339	2868	2695	Medida de la cápsula cefálica
3	4	5	6	6	Hernández-Livera <i>et al.</i> (2005)

Anexo 5. Probabilidad de parasitismo de *C. redtenbacheri* de acuerdo al peso y tipo de lesión.

Peso	Probabilidad			
	Sin lesion	Lesion V	Lesion L	Lesion V y L
0.009	0.0821191	0.333322	0.425143	0.805182071
0.207	0.0379707	0.180712	0.246006	0.645809348
0.405	0.0171145	0.08868	0.125828	0.445797582
0.504	0.0114332	0.060709	0.087262	0.348229219
0.603	0.0076233	0.041162	0.059709	0.261922727
0.801	0.0033775	0.018587	0.027251	0.135364955
0.9	0.0022459	0.012423	0.018267	0.094191327
1.008	0.0014384	0.007986	0.011768	0.062393807
1.206	0.0006351	0.003539	0.005226	0.028520473

AGRADECIMIENTO ESPECIAL



Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el otorgamiento de la beca-crédito y al Colegio de Postgraduados, por las facilidades otorgadas para el uso de las instalaciones y equipo de laboratorio, durante la realización del trabajo de investigación.

Al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), en el Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología, por el apoyo brindado al proyecto: “Desarrollo de una Técnica para la Producción Intensiva del Gusano Rojo del Maguey” y el otorgamiento de una ayuda de beca-crédito, con el fin de que se genere mayor información en el manejo de recursos naturales.