

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

ESTABLECIMIENTO DE LARVAS DE *Comadia redtenbacheri* HAMM. EN PLANTAS DE MAGUEY EN INVERNADERO

ENRIQUE IVÁN ALMANZA VALENZUELA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2007

La presente tesis titulada: ESTABLECIMIENTO DE LARVAS DE *Comadia redtenbacheri* HAMM. EN PLANTAS DE MAGUEY EN INVERNADERO realizada por el alumno ENRIQUE IVÁN ALMANZA VALENZUELA, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA:


DRA. CELINA LLANDERAL CÁZARES

ASESOR:


M. C. RAMÓN NIETO HERNÁNDEZ

ASESOR:


M. C. CARLOS CASTILLEJOS CRUZ

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, noviembre 2007

ESTABLECIMIENTO DE LARVAS DE *Comadia redtenbacheri* HAMM. EN
PLANTAS DE MAGUEY EN INVERNADERO

Enrique Iván Almanza Valenzuela, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2007

El gusano rojo de maguey es un recurso atractivo para los colectores y acopiadores que lo comercian en mercados y restaurantes a precios elevados, explotando las poblaciones silvestres sin un programa de manejo, esto ha causado reducción tanto de la planta de maguey como del insecto, por lo que es indispensable generar conocimientos que permitan realizar un mejor aprovechamiento de este recurso. En este trabajo se obtuvieron larvas de primer instar al incubar huevos en condiciones de laboratorio y se definieron aspectos básicos de biología y comportamiento de *Comadia redtenbacheri*, para lograr el establecimiento y desarrollo de su fase larvaria en plantas de maguey mantenidas en condiciones de invernadero. Los mejores niveles de infestación se obtuvieron con grupos de 25, 30 y 50 larvas para magueyes de 30 a 50 cm de altura, plantados en macetas con suelo franco y frecuencia de riego cada tercera semana. La duración del ciclo de vida para *C. redtebacheri* fue de 10 meses en las condiciones del estudio.

Palabras clave: Gusano rojo de maguey, *Agave salmiana*, insectos comestibles, larvas.

ESTABLISHMENT OF *Comadia redtenbacheri* HAMM. LARVAE IN AGAVE
PLANTS IN GREENHOUSE

Enrique Iván Almanza Valenzuela, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2007

The agave red worm is an attractive resource for gathers and traders who sell them at expensive prices in markets and restaurants; however, they have exploited the wild populations without a suitable management program, this situation has caused a reduction not only of the insect but also the agaves, therefore, it is necessary the generation of knowledge that leads to a better exploitation of this resource. In this work, first instar larvae were obtained by means of incubating eggs in laboratory conditions and basic aspects of biology and behaviour of *Comadia redtenbacheri* were also defined to achieve the establishment and development of their larval phase in agave plants maintained in greenhouse conditions. The best levels of infestation were obtained with groups of 25, 30 and 50 larvae for agave plants of 30 to 50 cm tall, planted in flowerpots with sandy ground soil and irrigation frequency of every three weeks. The life cycle for *C. redtenbacheri* was of 10 months in research conditions.

Key words: Agave red worm, *Agave salmiana*, edible insects, larvae.

A la vida
A la tierra
A los recursos

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros, para las personas que sin pretenderlo, se convirtieron en cómplices y apoyo en el constante derrumbe de paradigmas, para, aplicando un conveniente orden de intereses neuronales, dar interpretación momentánea a una colectiva especulación humana.

A la primer persona que conocí al vagar por el Colegio en el 2000 y que influenciara mi regreso, dándome posteriormente la oportunidad de realizar a gran escala mis experimentos caseros, Doctora Celina Llanderal infinitas gracias por ser mi introductora y posteriormente mi Consejera, por su paciencia, constante apoyo y dirección, Gracias Doc., por todo.

A Ramón Nieto por la colaboración brindada con espacios de trabajo, equipo, transporte, material biológico, trabajo físico y datos aportados como lo fue el sexado de los insectos.

A Carlos Castillejos quien fuera mi estimulador neuronal (profesor) desde 1997 y quien me otorgó valiosa información botánica, como la determinación del *Agave salmiana*.

A Jorge Valdez, maestro de maestros, por su conocimiento inconmensurable y también por el apoyo con las imágenes.

Al Doctor Otero por su auxilio.

Al Dr. José G. Herrera por su visión.

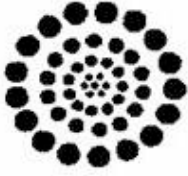
Al Ing. Celso Ortega Álvarez por su contribución.

Al Dr. Héctor M. de los Santos por el apoyo estadístico.

A Dulce en su prematura incorporación, y al personal del Laboratorio.

A mi familia y a mi compañera de vida Marina por lo inefable...

Infinitas Gracias.



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 e invernadero, durante la realización de la presente tesis de maestría.

El presente trabajo forma parte del proyecto: “Desarrollo de una Técnica para la Producción Intensiva del Gusano Rojo del Maguey”, auspiciado por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), en el Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología, para el desarrollo de un paquete tecnológico que pueda ser transferido a productores del Estado de México, de manera que haya una explotación más cuidadosa del recurso y que sirva como una fuente de ingresos adicionales para los productores.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Ciclo de vida	3
2.2 Estudios sobre <i>Comadia redtenbacheri</i>	4
2.3 Aspectos generales del género <i>Agave</i>	5
3. OBJETIVO	8
4. MATERIALES Y MÉTODOS	8
4.1 Obtención y manejo de material biológico	8
4.2 Manejo de insectos adultos y huevos	9
4.3 Método de infestación	9
4.4 Tratamientos y diseño experimental	10
4.5 Análisis estadístico	10
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
5.1 Biología de <i>C. redtenbacheri</i>	
5.1.1 Pupación	13
5.1.2 Separación y sexado de individuos	14
5.1.3 Adultos	15
5.1.4 Emergencia y apareamiento	16
5.1.5 Huevos	19
5.1.6 Larvas de primer Instar	20
5.1.7 Larvas de segundo Instar	21
5.1.8 Larvas de tercero a último instar	21
5.1.9 Duración del ciclo de vida	23

5.2 Daños en maguey por <i>C. redtenbacheri</i>	24
5.3 Pruebas de establecimiento	26
5.3.1 Infestación con larvas de primer instar	26
5.3.2 Infestación con larvas de tercero y cuarto instar	30
6. CONCLUSIONES	34
7. LITERATURA CITADA	35

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Peso promedio de larvas recuperadas de magueyes infestados con densidades de 10 y 30 por planta de maguey	29
Cuadro 2 Probabilidad de supervivencia de larvas en cuatro tratamientos con dos densidades	30
Cuadro 3 Peso promedio de larvas recuperadas de magueyes infestados con tres diferentes densidades y dos tipos de riego	32
Cuadro 4 Probabilidad de supervivencia para larvas en los Tratamientos con tres densidades y dos frecuencias de riego	32

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Forma del capullo en correspondencia con la forma y dimensiones de la pupa. Capullos fabricados con distintos sustratos	13
Figura 2 Dimorfismo sexual del diseño de las antenas y de los Últimos segmentos abdominales de la pupa	14

Figura 3	Palomilla adulta de gusano rojo de maguey vista dorsal del macho, vista ventral de la hembra.	15
Figura 4	Detalle de las antenas, hembra - macho	15
Figura 5	Acercamiento del aparato bucal donde se observa sólo el Par de palpos labiales y aparato bucal sin escamas y sin palpos mostrando maxilas rudimentarias, estructuras de ingestión no funcionales	16
Figura 6	Adulto recién emergido, entre capullos, pupas y exuvias, hembra en postura de “llamado”	17
Figura 7	Apareamiento, masa de huevos depositada en la base de una hoja de maguey	18
Figura 8	Masa de huevos y huevo individual	19
Figura 9	Grupo de larvas de primer instar dentro de la masa de huevos después de la eclosión	20
Figura 10	Larva de segundo instar con un mes de desarrollo, larva de primer instar a dos semanas de la emergencia	21
Figura 11	Larvas en la base de las hojas del maguey, larvas en distintas etapas de desarrollo	22
Figura 12	Larva en busca de un sitio para pupar, capullos Localizados a cinco cm de profundidad	23
Figura 13	Maguey que muestra daño en forma de túneles de consistencia leñosa	24
Figura 14	Daño profundo e irregular del sistema radical	25
Figura 15	Tallo de maguey con pocos restos de tejido vivo y larvas medianamente desarrolladas	26
Figura 16	Número de larvas recuperadas de plantas infestadas con 10 y con cinco repeticiones por tratamiento	27
Figura 17	Número de larvas recuperadas de plantas infestadas con 30 y dos repeticiones por tratamiento	28
Figura 18	Porcentaje de larvas encontradas en tratamientos con tres niveles de infestación y dos frecuencias de riego	31

INTRODUCCIÓN

Comadia redtenbacheri Hamm., el gusano rojo del maguey, es un insecto que tiene importancia económica, ya que es colectado y comercializado como alimento y para la industria del mezcal en regiones áridas y semiáridas del centro del país, zonas que presentan recursos limitados donde el hombre se empeña en obtener provecho de la vegetación natural (Rzedowski, 1983; Granados, 1993). La recolecta de las larvas del insecto es una actividad temporal generadora de recursos económicos, a pesar de no contar con un método para su aprovechamiento sustentable (Ramos-Elorduy, 2006).

Su explotación se lleva a cabo durante el periodo de lluvias, entre los meses de julio y septiembre en los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Distrito Federal y Chiapas (Ramos, 1987; Granados, 1993) y es tal su demanda, que se llegan a provocar fervientes disputas entre los colectores de las regiones en las que este insecto está desapareciendo. El precio al cual se comercia es elevado, aunque sin verificar la calidad en cuanto a la sanidad y madurez en que se encuentran las larvas que serán usadas como alimento. Este insecto también tiene gran demanda dentro de la industria mezcalera, en la cual se exige que cada botella de bebida alcohólica contenga su propio gusano rojo, aunque debido a la sobreexplotación se han llegado a utilizar en forma simbólica gusanos de plástico (Ramos y Pino-Moreno, 1984; Ramos-Elorduy, 2006).

A lo anterior se suma el caso del maguey pulquero *Agave salmiana*, planta de usos múltiples y hospedante principal de *C. redtenbacheri*, que ha sufrido un notable decremento en su distribución, ya que los magueyes usualmente no son replantados después de ser revisados para extraer las larvas de gusano rojo de su tallo y de la base de las hojas (Ramos-Elorduy, 2006).

La importancia de este insecto en el aspecto alimentario y económico hace indispensable la generación de conocimientos que permitan un aprovechamiento sostenible del gusano rojo del maguey.

REVISIÓN DE LITERATURA

Comadia redtenbacheri es un lepidóptero perteneciente a la familia Cossidae, también llamado gusano rojo o rosado del maguey, por estar asociado directamente con el maguey pulquero *A. salmiana* (Granados, 1993), del cual depende completamente ya que es su hospedante natural y alimento único cuando se encuentran en su etapa de larva, estado en el que este insecto es aprovechado como condimento en algunas regiones del país.

Tradicionalmente las larvas se han vendido en mercados de Hidalgo y Oaxaca, tanto vivas como cocinadas en varios platillos de la cocina tradicional mexicana, por ejemplo como polvo molido con chile y pimienta para ser espolvoreado en los alimentos y del cual proviene su nombre regional de “chilocuiles” (*chilo*= lo que contiene pimienta, *ocuilin*= gusano) (Ancona, 1931). De este nombre derivan versiones en la pronunciación por transferencia popular como: chilicuiles, chinicuiles, chimicuiles y también se les llama recoles (Sánchez, 2003).

Estudios bromatológicos del insecto muestran que el contenido proteico de las larvas es hasta de 67.3% en base seca y de los 17 aminoácidos esenciales que contiene sobresale el aporte de ácido glutámico, ácido aspártico, leucina, alanina, serina, valina, arginina, prolina, tirosina e isoleucina, los cuales comparados con el patrón FAO 1973, se encuentran en cantidades adecuadas para los requerimientos de la dieta humana (Ramos, 1987; Granados, 1993), además de que su contenido energético está dentro de los

más altos reportados en los insectos comestibles, con un valor de 2545.36 kJ/100 g (Ramos *et al.*, 2007) confirmando así su valor alimenticio.

Ciclo de vida

Durante los primeros meses del año, se encuentran sobre las hojas (pencas) del *A. salmiana* de 70 a 80 huevos que presentan un color café oscuro y una forma cilíndrica alargada de aproximadamente 1.5 mm, que forman grupos parciales de 5 a 12 y aparecen recubiertos por una sustancia gomosa. De ellos nacen larvas pequeñas, blanquecinas y con un ligero tinte rosáceo, que han tenido un largo periodo de incubación y que se introducen en la base de las pencas. Se alimentan destruyendo los tejidos internos y abandonan un residuo ocre de células trituradas y materias digeridas. Cada 14 o 20 días efectúan una muda, aumentando progresivamente su tamaño y coloración y al terminar la tercera muda han llegado a su mayor desarrollo, con una longitud de 4 centímetros. Las larvas labran galerías descendentes en los tejidos internos del maguey, sin hacer interrupción en la parte superficial y llegan a invadir el cuello de la raíz en grupos de 6 a 17 ejemplares que se alojan en las cavidades que han labrado; durante el mes de septiembre y principios de octubre la mayor parte emigra hacia la tierra y elabora un capullo con hilos resistentes que se impregnan de partículas sólidas arenosas y que permanece adherido a las raíces superficiales con ayuda de una prolongación estrecha. Las pupas tienen un aspecto amarillento 17 días después de formado el capullo. Su transformación en mariposas dura aproximadamente cuarenta días (Dampf, 1927; Ancona, 1931).

La hembra mide 18 mm de longitud y 35 mm de extremo a extremo de las alas. Su cuerpo es veloso, de color café claro y las antenas son dos filamentos simples. El macho mide 14 mm de longitud, por 22 mm de expansión alar y sus antenas son plumosas. El gusano rosado del maguey generalmente no es considerado como plaga, salvo rarísimas excepciones. En lugares de Oaxaca próximos a Mitla invade los magueyes a razón de 5 a 8%,

mientras que en Otumba, Apan y San Juan Teotihuacan se ha registrado un 15% de plantas con gusano rojo (Ancona, 1931).

Estudios sobre *Comadia redtenbacheri*

Existen no más de diez publicaciones enfocadas especialmente al estudio del lepidóptero *C. redtenbacheri*, una de las cuales data del año 1847 cuando la especie fue descrita como *Hypoptya agavis* por Hammerchmidt, misma que fue revisada por otros autores como Ignacio Blázquez en 1870 y Dyar en 1910. En 1927 fue considerada como probable plaga por Alfonso Dampf en su trabajo “Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypoptya agavis* Blázquez, *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera: Cossidae), plaga de los magueyes de la Mesa Central de México”, trabajo en el cual presenta un estudio morfológico y sugerencias para su control. En 1931, Leopoldo Ancona del Instituto de Biología publicó “Los chilocuiles o gusanitos de la Sal de Oaxaca”, donde menciona aspectos biológicos, anatómicos y culinarios del insecto, además de poner en duda su papel como plaga.

Publicaciones posteriores mencionan a *C. redtenbacheri* como un insecto comestible de importancia nutricional asociado a intereses económicos (Ramos, 1987; Ramos-Elorduy, 2006). En este sentido, Nolasco-Miguel *et al.* (2002), manifestaron haber obtenido cierto grado de colonización de gusano rojo, después de liberar adultos de esta especie en una parcela con 136 magueyes. Por su parte, 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, lo que fue también manifestado por Camacho *et al.* (2003); la autora observó cortejo y apareamiento de los adultos, pero no la eclosión de los huevos en condiciones de laboratorio. Hernández-Livera

(2004) aseguró que un suelo de textura arenosa es el mejor sustrato para la pupación y que *C. redtenbacheri* presenta siete instares larvales. Camacho *et al.* (2003), después de estudiar la biología del gusano rojo concluyeron que la emergencia de las palomillas ocurre desde finales de enero hasta el mes de marzo y que los adultos son más activos después de la puesta del sol. También mencionaron que los huevos que las hembras depositan 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.

Salas *et al.* (2004) hicieron hincapié en la escasa información que hay sobre la biología del gusano rojo y mencionaron que la larva forma una protuberancia en la parte baja y más gruesa de la penca, con un orificio hundido en el centro y que pueden encontrarse hasta ocho larvas por penca. Camacho *et al.* (2005), en asociación con productores de maguey de Tlaxcala, establecieron unidades de producción rural (UPR's) para la producción intensiva de chinicuil, logrando una colonización de 5 a 45% de los agaves. Ramos-Elorduy (2006) mencionó al gusano rojo del maguey dentro de una lista de insectos comestibles amenazados por la sobreexplotación y como la especie con mayor peligro debido su decremento poblacional, manifestando también que al realizar un trabajo de replantado de magueyes después de las colectas de gusano rojo obtuvo un 79% de plantas sobrevivientes, asegurando que un reestablecimiento de plantíos de maguey ayudaría a la recuperación poblacional de este insecto.

Aspectos generales del género *Agave*.

La palabra *Agave* proviene del griego *agave* = admirable (Cochand, 2000) y fue designado así por Linnaeus debido al respeto y usos múltiples que los

antiguos mexicanos le conferían; dentro de este género de plantas se tienen registradas alrededor de 150 especies comúnmente conocidas como “magueyes”, que se localizan entre 2300 y 2460 m de altitud y se distribuyen principalmente dentro del territorio mexicano.

El maguey ha sido usado de manera tradicional desde tiempos prehispánicos por diversos grupos indígenas como los aztecas, huastecos, mayas, mixtecos, olmecas, otomíes, toltecas, tzoltziles y zapotecos, quienes han sabido aprovechar la gran diversidad de agaves para obtener numerosos productos de uso alimenticio y económico como bebidas (aguamiel y pulque), dulces, celulosa, papel, fibras, sapogeninas y otros productos (Gentry, 1982; Madrigal-Lugo *et al.*, 1990).

El *Agave salmiana*, también llamado maguey manso, es usado principalmente para la extracción de aguamiel y la producción de pulque; crece sobre grandes extensiones de terreno en el Altiplano Central de México, frecuentemente sobre los márgenes de las carreteras y orillas de zonas de cultivo cercanas a la Ciudad de México y en los estados de Michoacán, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y Morelos. Son plantas hermafroditas, medianas a grandes, con un tallo pequeño y grueso que forma rosetas macizas de 1.5-2 m de alto y con el doble de ancho, hojas en número de 100-200 x 20-35 cm de amplitud, verdes a grisáceas, carnosas y macizas, con espina terminal pungente y abundantes dientes marginales; la prefoliación central se conoce con el nombre náhuatl de meyolotl (Gentry, 1982; Rzedowski y Rzedowski, 1990; Granados, 1993). Son plantas con raíz fibrosa y sistema radical pequeño, lo cual hace que sean relativamente fáciles de arrancar, característica que se aprovecha durante la colecta del gusano rojo (Nobel, 1998).

A. salmiana y *A. mapisaga* son los mayores productores del pulque en México (Granados, 1993), pero su abundancia ha decaído

considerablemente, ya que la población estimada de 50 a 60 millones de plantas dedicadas a este fin en 1921, se redujo a 35 millones en 1970, descenso que contrasta con el potencial de área para el cultivo de agaves para aguamiel estimado en 6 879 000 ha (Madrigal-Lugo *et al.*, 1990). El impacto ecológico sobre estas especies se incrementa por su potencial de uso relacionado con la alimentación humana, ya que por ejemplo, de *Agave atrovirens* y *A. salmiana* se aprovecha la cutícula de la cara interna de las hojas para envolver un tipo de alimento llamado mixiote, que tiene gran demanda en los Estados del centro de la República Mexicana; los agaves cultivados para la producción de bebidas pueden tener hojas hasta de 2 m de largo (Nobel, 1998).

Las condiciones climáticas y edáficas para el cultivo del maguey según Granados (1993), son las siguientes:

Temperatura: el maguey prospera desde los 13.6 hasta los 17.8 °C, temperaturas medias anuales en el valle de México.

Precipitación: prospera bajo precipitaciones medias anuales que van desde los 335 hasta los 924 mm.

Iluminación: la mayoría de los agaves del desierto necesitan la luz solar y si no la tienen en cantidad suficiente se convierten en plantas etioladas; los magueyes pulqueros del centro de México requieren iluminación aunque toleran la sombra.

Altitud: el grupo salmiana es natural de la Meseta Central de México y se desarrolla de los 1230 a los 2460 m.

Suelo y textura: los agaves pulqueros prosperan en suelos con estratos calcáreos, como son los suelos rojos (alfisoles) y áridos, por lo que las texturas predominantes en los lugares donde se desarrollan son: franco-arenoso, franco-arcilloso y areno-limoso. Requieren suelos bien drenados, que en general son suelos pobres con una capa arable muy delgada (30 a 90 cm), o terrenos pedregosos y de ondulaciones con poca pendiente.

pH: en los sitios donde se desarrolla el maguey se encuentra comúnmente en el parámetro que va desde 6.3-7.8; sin embargo, se ha encontrado en pH's de 4.9 a 9.4, mostrando síntomas de desarrollo anormal.

OBJETIVO

Definir los aspectos básicos de biología y comportamiento de *Comadia redtenbacheri*, para lograr el establecimiento y desarrollo de su fase larvaria en plantas de maguey mantenidas en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y manejo de material biológico

Para realizar las observaciones sobre la biología del gusano rojo y las pruebas de establecimiento del insecto, se requirieron tanto larvas de *C. redtenbacheri* como plantas de *Agave salmiana*.

Las plantas de maguey se seleccionaron con base en una altura de 30 a 50 cm y procedieron del municipio de Coyotepec, Otumba, Estado de México.

Con la intención de tener magueyes enraizados al momento de hacer las pruebas de establecimiento de larvas, éstos se plantaron 60 días antes de ser utilizados en macetas con capacidad para 10 kg de suelo, considerando dos tipos de sustrato:

- 1.- Suelo franco del *Campus* Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México.

2.- Mezcla formada por una parte de composta, una de tezontle y dos de suelo franco.

Las plantas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero en temperaturas que oscilaron entre 7 y 46 °C, con un promedio de 29 °C y una humedad relativa de 20% a 90%.

Las larvas de *C. redtenbacheri* se adquirieron en octubre del 2005 de recolectores de distintas localidades del estado de Hidalgo. Para ser usadas como pie de cría se seleccionaron las larvas con mayor desarrollo, mismas que se indujeron a la pupación colocándolas en charolas de plástico de 40 X 30 X 15 cm, que contenían una capa de 5 cm de suelo arenoso, previamente esterilizado con calor.

Manejo de insectos adultos y de huevos

Los adultos que emergieron de las pupas se sexaron y se confinaron para su apareamiento y oviposición en jaulas de 50 X 50 cm y de 2 x 2 m. Las masas de huevos depositadas por las hembras sobre papel corrugado, fueron colectadas y puestas a incubar en cajas Petri de plástico, las cuales se mantuvieron a temperatura ambiente a la sombra, en una atmósfera con humedad relativa ligera para evitar su deshidratación.

Método de Infestación

Para infestar las plantas de maguey con las larvas, se humedeció ligeramente el suelo de la maceta y se escarbó cerca de la base de la planta, debajo de las hojas, para ubicar con un pincel a las larvas en contacto con el tallo, cubriendo posteriormente con el mismo suelo.

Tratamientos y Diseño experimental

Considerando dos tipos de sustrato y dos formas de riego se conformaron cuatro tratamientos que, bajo un diseño completamente aleatorio, se asignaron a las unidades experimentales:

T1 = Suelo franco y riego por gravedad (SFR1).

T2 = Suelo franco y riego por inmersión (SFR2).

T3 = Mezcla de suelo y riego por gravedad (MR1).

T4 = Mezcla de suelo y riego por inmersión (MR2).

El riego por gravedad se aplicó a la superficie del suelo contenido en las macetas, mientras que el de inmersión consistió en colocar la maceta en una charola con agua. En ambos casos se utilizó un litro de agua cada semana.

Para cada tratamiento se consideraron dos densidades de larvas de 0.6 mg de peso, una de 10 larvas por planta con seis repeticiones y la otra de 30 larvas con sólo dos repeticiones debido a la escasez de larvas de primer instar.

La segunda prueba de establecimiento se realizó con larvas de 55 mg de peso promedio, la cual consistió en cinco repeticiones de 25, 50 y 100 larvas, que se colocaron en magueyes plantados en macetas con suelo franco, con frecuencia de riego a intervalos de una y tres semanas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el programa SAS (Statistical Analysis System, V 6.12, 1997) mediante un análisis de regresión logística para definir la relación entre los tratamientos Suelo-Humedad y el establecimiento de las larvas de *C. redtenbacheri* en maguey, a fin de comparar la probabilidad de éxito de los tratamientos con respecto a la supervivencia de las larvas.

El análisis de regresión logística es una técnica ampliamente utilizada para el estudio de variables discretas y análisis de riesgo, cuyo objetivo es modelar la probabilidad de aparición de un suceso obteniendo valores en un rango de 0 a 1, con base en la presencia de diversos factores y el nivel de los mismos, (Agresti, 2002). Recientemente ha sido usado para analizar la colonización de árboles por insectos descortezadores (Fonseca, 2007).

El módulo lineal para la regresión logística en el caso de la infestación con densidades de 10 y 30 larvas es el siguiente:

$$F(x) = B_0 + B_1 I_{t1} + B_2 I_{t2} + B_3 I_{t3} + B_4 I_{I-10}$$

Donde B_x son los parámetros estimados calculados en la regresión logística e I_x es una variable dicotómica o indicadora del efecto del tratamiento aplicado. Así, para los niveles de larvas introducidas I_{I-10} toma el valor de 1 cuando el valor de las larvas introducidas es igual a 10. Para los efectos de adicionalidad por tratamiento suelo- riego se tiene la variable indicadora I_{ti} donde $i=1, 2, 3$. De esta forma se tienen en el módulo lineal todas las posibles combinaciones de los niveles de los tratamientos aplicados, tanto en densidad como en suelo-riego. Evidentemente B_0 representa el efecto base del tratamiento 4 y la densidad 30.

Las probabilidades de supervivencia promedio se pueden obtener de la siguiente forma:

$$P(x) = \frac{\exp \left(f(x) \right)}{1 + \exp \left(f(x) \right)}$$

Donde $P(x)$ es la proporción de éxito (supervivencia), de la cohorte introducida por maguey, \exp es la función exponencial y $f(x)$ es el módulo lineal

El módulo lineal para la segunda infestación es:

$$F(x) = B_0 + B_1 I_{D1} + B_2 I_{D2} + B_3 I_{R-1}$$

Donde B_x son los parámetros estimados calculados en la regresión logística e I_x representa el efecto del tratamiento aplicado. Para estos tratamientos I_{R-1} toma el valor de 1 cuando el riego aplicado es semanal, B_0 representa el efecto base de la densidad 3 y el riego cada tercer semana.

Las probabilidades de supervivencia promedio se obtienen de la misma forma:

$$P(x) = \frac{\exp \left(f(x) \right)}{1 + \exp \left(f(x) \right)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biología de *C. redtenbacheri*

Pupación

Las larvas que se confinaron en los recipientes con arena, se enterraron en el suelo aproximadamente a cinco centímetros de profundidad, en donde normalmente elaboran un capullo de forma oval, con hilos de seda secretados de sus glándulas labiales a los cuales se adhieren partículas del mismo suelo. Los capullos más grandes llegan a medir 2.5 cm de largo x 1 cm de ancho en promedio, aunque las larvas menos desarrolladas fabrican capullos más pequeños, pero con la constante de que el polo anterior en el cual se ubica la cabeza es siempre más ancho que el posterior (Figura 1A). Dampf (1927) y Ancona (1931) aportaron información sobre la elaboración del capullo, pero no mencionaron datos de medidas, profundidades a las cuales se entierran, ni de la posición de la pupa dentro del capullo.

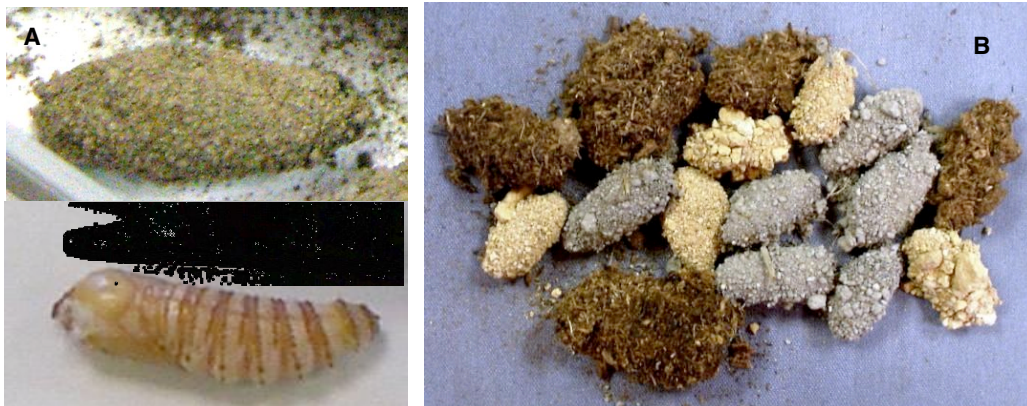


Figura 1. A) Forma del capullo en correspondencia con la forma y dimensiones de la pupa.
B) Capullos fabricados con distintos sustratos.

El color y textura del capullo están condicionados al tipo de sustrato que se utilice (Figura 1B). Desde que la larva tejió su capullo, permaneció como tal por espacio de 2.5 meses, para posteriormente producirse la metamorfosis a pupa, estado en el cual permaneció un promedio de 40 días, lo que concuerda con lo registrado por Ancona (1931) pero no con Dampf (1927),

Sánchez (2003) y Hernández-Livera (2004), quienes mencionaron que la duración de este estado de desarrollo es de 3.5, 2.5 a 3.5 y 4 meses respectivamente, por lo que de acuerdo con lo observado en esta investigación, se infiere que dichas cifras corresponden al periodo comprendido desde el momento en que la larva se encierra en el capullo hasta la emergencia del adulto.

Separación y sexado de individuos

Fue posible separar machos y hembras en estado de pupa con un 100% de certeza, considerando diferencias en el relieve de la cutícula del último segmento abdominal y a partir del diseño de las antenas que se dibuja a través de la cutícula (Figura 2).

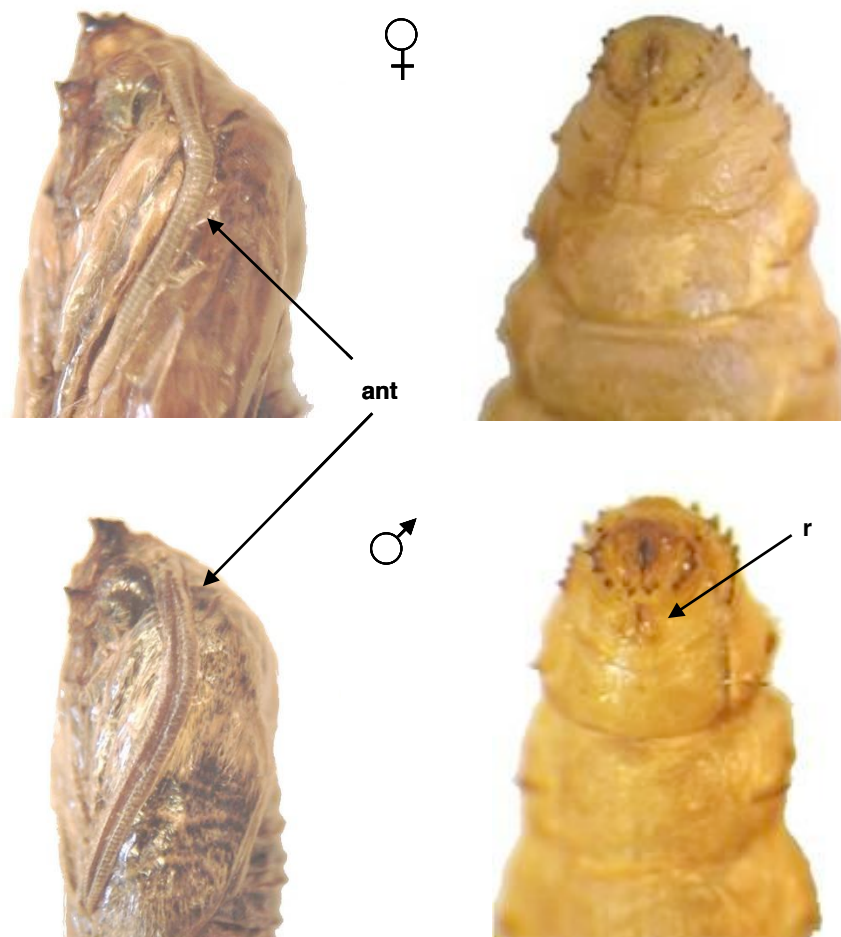


Figura 2. Dimorfismo sexual del diseño de las antenas (ant) y de los últimos segmentos abdominales de la pupa, en los que se observa un relieve (r) en la cutícula del macho.

Adultos



Figura 3. Palomilla adulta del gusano rojo del maguey, A) vista dorsal del macho, B) vista ventral de la hembra.

Los adultos son palomillas de cuerpo robusto y de color pardo en diversas tonalidades (Figura 3). Las hembras se caracterizan por ser más grandes que los machos, miden en promedio 2.1 cm de longitud, 0.5 cm. de ancho y 3.8 cm de expansión alar, presentan antenas finamente aserradas (Figura 4A) y poseen un ovipositor retráctil.



Figura 4. Detalle de las antenas, A) hembra, B) macho.

El macho adulto mide 1.5 cm de largo por 0.4 de ancho y 2.6 cm de expansión alar, con antenas bipectinadas (Figura 4B). Las medidas de los adultos coinciden en promedio con las registradas por Ancona (1931), pero

se difiere con este autor en la denominación precisa del tipo de antenas, debido a que en las hembras se observó que no son dos filamentos simples como se puede observar en las figuras 4A y 5A, y para el caso de los machos, las antenas llamadas plumosas por el citado investigador, son de tipo bipectinado (Figura 4B).

La escasa longevidad de los adultos llamó la atención, ya que en algunos casos apenas duraron viables uno o dos días y no mostraron intentos para conseguir alimento. Esto motivó a que se hiciera una inspección cuidadosa del aparato bucal, resultando evidente sólo la presencia de un par de palpos labiales reducidos (Figura 5), por lo que se concluyó que en esta especie dicho aparato resulta claramente atrofiado. En este sentido, no se entiende el hecho de que tanto Sánchez (2003) como Camacho *et al.* (2005), mencionen que es posible prolongar la vida de los adultos suministrándoles agua azucarada.

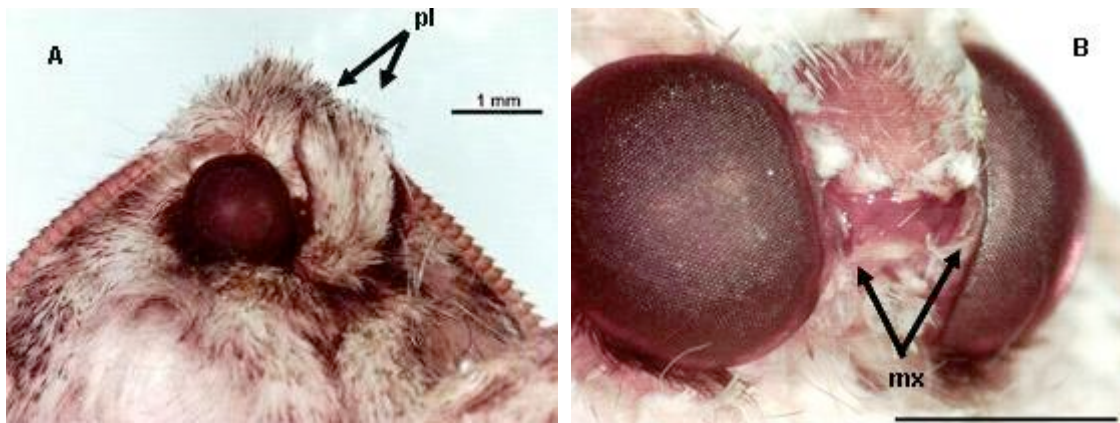


Figura 5. A) Acercamiento del aparato bucal donde se observa sólo el par de palpos labiales (pl) y B) aparato bucal sin escamas y sin palpos mostrando maxilas rudimentarias (mx), estructuras de ingestión no funcionales.

Emergencia y apareamiento

Cuando los adultos *farate* (completamente formados, pero aún atrapados por la cutícula pupal) están listos para emerger, realizan un desplazamiento en dirección cefálica dentro del capullo enterrado, empujándolo hasta la

superficie del suelo y haciendo un orificio por el que sale parte del cuerpo de la pupa hasta quedar anclada al capullo con ganchos de los segmentos abdominales; en esta posición, después de aproximadamente dos minutos de esfuerzo, el adulto emerge satisfactoriamente cuando rompe la línea ecdisial cefálica, después de lo cual se posa en un lugar seguro para desplegar sus alas (Figura 6A), fenómeno producido por la circulación de la hemolinfa a través de las venas alares, lo que le lleva otros minutos para luego quedar en reposo total. El proceso de emergencia se observó en los periodos de mayor temperatura, entre las 13:30 y las 16:30 horas.



Figura 6. A) Adulto recién emergido, entre capullos, pupas y exuvias, B) hembra en postura de “llamado”.

Debido a su coloración pardo claro, los adultos se mimetizan con el suelo o con las hojas secas de la planta de maguey; su actividad se reestablece cerca de las 19:00 al iniciar el ocaso y al respecto, Camacho *et al.* (2003) observaron que son más activos en las primeras horas de la noche. Desde el momento en que las hembras dejan de percibir la luz solar, mueven continuamente las alas y realizan vuelos cortos hasta que se posan en un sitio para iniciar el comportamiento de “llamado”, que es notorio por la exposición del ovipositor (Figura 6B), lo que estimula a los machos a emprender el vuelo para localizar a las hembras. La cópula (Figura 7A) tiene una duración de 40 a 60 minutos, y puede darse el mismo día de su

emergencia, lo que significa que los adultos nacen sexualmente maduros, como ocurre en muchas otras especies de lepidópteros; en ocasiones se pudo observar al macho unido a la hembra en aparente reposo, mientras puede ser balanceado por el viento.

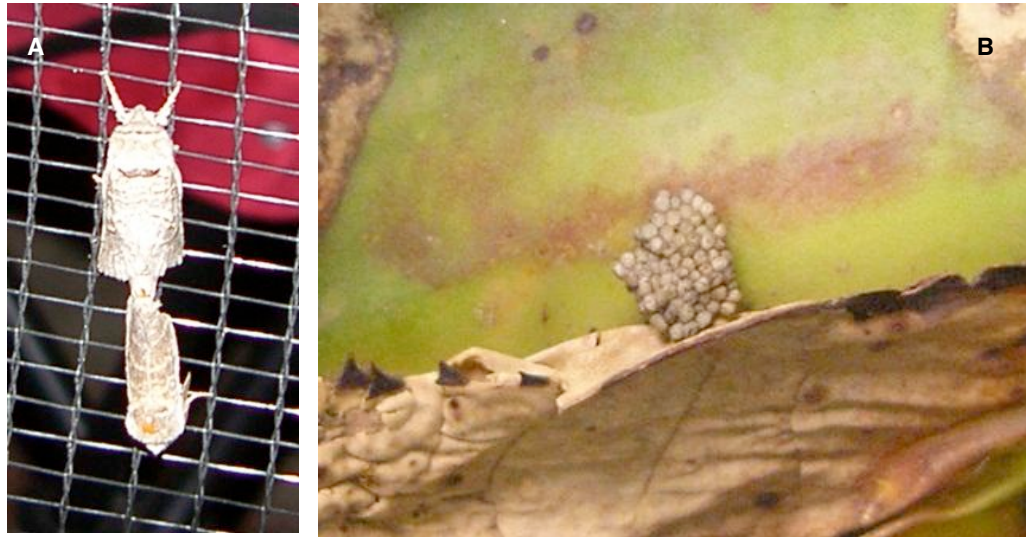


Figura 7. A) Apareamiento, B) masa de huevos depositada en la base de una hoja de maguey.

Al terminar de copular el macho puede permanecer junto a la hembra o simplemente caer al suelo, pero en cualquier caso después de unos segundos emprende el vuelo, quedando la interrogante de si el macho es capaz de copular con más hembras. La actividad sexual tiene lugar entre las 19:00 y las 23:00 h. Si no son molestadas, las hembras se quedan en el mismo sitio hasta el amanecer y en la noche siguiente ovipositan en la base del maguey, cerca de la zona de nacimiento de las hojas (Figura 7B). Las hembras confinadas en jaulas con o sin machos, depositaron los huevos sobre cartón corrugado. Al respecto, Ancona (1931) indicó que los huevos se encuentran sobre las pencas del maguey, en tanto que Granados (1993) mencionó que las hembras depositan los huevos en los troncos de los magueyes, mientras que Camacho *et al.* (2003) y Sánchez (2003) refirieron que las hembras depositan masas de huevos en la base de las hojas del maguey y que lo pueden hacer en cualquier sustrato disponible aun cuando no hayan tenido

contacto con los machos, lo cual concuerda más con los resultados de este estudio. Al confinar a los insectos adultos para el apareamiento y la oviposición se tomó en cuenta la incorporación de un sustrato de fácil manejo para la recuperación de huevos.

Huevos

Las hembras depositan masas de 15 a 120 huevos de color pardo claro que están adheridos entre ellos y al sustrato en cuestión mediante una secreción adhesiva de las glándulas accesorias de la hembra (Figura 8A). Ancona (1931) mencionó puestas de 70 a 80 huevos en grupos de 5 a 12, mientras que en el caso de este estudio se pudo observar que las hembras pueden dejar huevos aislados o masas hasta de 120 de ellos en una sola ovipostura, lo que evidencia una gran variación en este comportamiento. El huevo individual presenta un corion de textura rugosa, ornamentado con polígonos en forma de celdas de panal y mide 1 X 1.3 mm (Figura 8B), medidas que coinciden con el valor de 1.5 mm reportado por Ancona (1931).



Figura 8. A) Masa de huevos y B) huevo individual.

El periodo de incubación se lleva a cabo en aproximadamente 33 días a una temperatura de 20 a 22 °C, el cual difiere significativamente con el de 12 a 15 días reportado por Granados (1993). Sánchez (2003) supone una duración de 2 a 10 semanas y Camacho *et al.* (2003), indicaron que los

huevos permanecen en la base de las hojas del maguey desde enero hasta mayo, aunque ambos autores mencionan que no tuvieron resultados de eclosión en el laboratorio, atribuyéndolo a factores físicos o químicos del maguey que puedan influir en la eclosión, aunque en el caso del presente estudio, los huevos incubados que eclosionaron no tuvieron contacto alguno con plantas de maguey.

Larvas de primer instar

Las larvas recién emergidas (Figura 9) son de color blanco, con cutícula transparente a través de la cual se puede observar con claridad el tubo digestivo; presentan una longitud de 2 a 3 mm y un peso promedio de 0.63 mg. Ancona (1931) las describe como larvas pequeñas, blanquecinas y con un ligero tinte rosado.



Figura 9. Grupo de larvas de primer instar dentro de la masa de huevos después de la eclosión.

Tienen un comportamiento gregario que aprovechan para formar en conjunto una cubierta de hilos de seda que las protege del ambiente y probablemente también de patógenos y depredadores. Inicialmente se alimentan de los residuos de los huevos (Figura 9A), con lo cual se abren paso entre los restos de corion cuando la masa de huevos es numerosa. Migran en grupo en busca de alimento cuando el número de larvas emergidas es suficiente para construir túneles de seda en los que se protegen. El ambiente húmedo les

favorece, pero no soportan la humedad excesiva. Si las condiciones ambientales son adversas para emigrar se mantienen encerradas y parecen alimentarse de otras larvas muertas, pero no se observa canibalismo intencionado, observación contraria a la de Sánchez (2003). La duración aproximada de este instar es de 1 a 1.5 meses.



Figura 10. A) Larva de segundo instar con un mes de desarrollo, B) larva de primer instar a dos semanas de la emergencia.

Larvas de segundo instar

Son de color blanquecino con cutícula opaca, presentan una longitud promedio de 4 a 5 milímetros y un peso promedio de 2.3 mg (Figura 10A). Conservan el mismo comportamiento gregario, pero ya se alimentan de los tejidos del maguey.

Larvas de tercero a ultimo instar

A partir del tercer instar de desarrollo, las larvas que ya migraron hacia el tallo subterráneo del maguey, se alimentan de la base de las pencas muertas húmedas y de la epidermis del cuello del rizoma (Figura 11A), comenzando a perforar hacia los tejidos internos del tallo y las raíces, en donde se alimentarán los restantes instares de su desarrollo, hasta completar su madurez. Ancona (1931) observó que se introducen en la base de las pencas

para alimentarse de los tejidos internos, mientras que Granados (1993) menciona que las larvas invaden las partes subterráneas de la planta y que se alimentan del tronco o piña del maguey, como en el caso de este estudio.

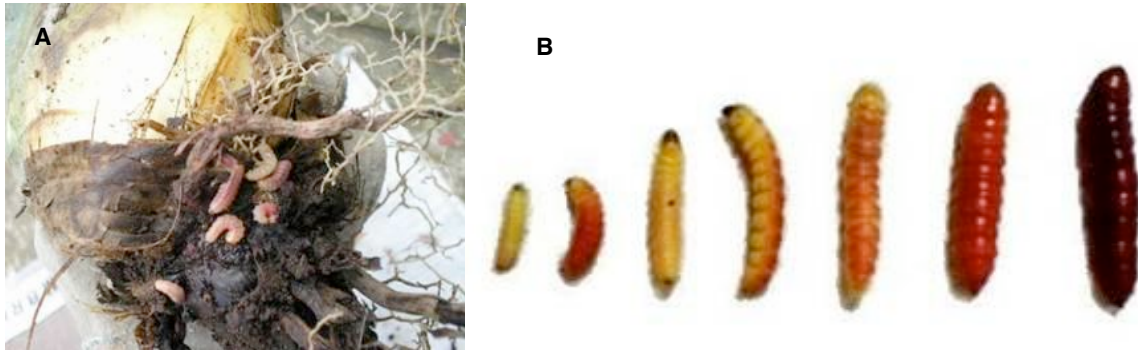


Figura 11. A) Larvas en la base de las hojas del maguey, B) larvas en distintas etapas de desarrollo.

A medida que aumentan de tamaño, las larvas adquieren un color rojo brillante (Figura 11B); el peso de la larva completamente desarrollada varía de 600 mg a poco más de 1.0 g y puede medir hasta 4.5 cm. La duración de cada instar es difícil de definir debido a los hábitos crípticos del insecto, lo cual da pie a especulaciones y falta de concordancia en los estudios, ya que mientras Ancona (1931) mencionó cuatro mudas para todo el desarrollo larvario con una duración de 14 a 20 días por muda, Granados (1993) indicó que las larvas pasan por cuatro estadios en un lapso de cuatro a seis meses.

En este estudio el desarrollo completo de las larvas bajo condiciones de invernadero se llevó a cabo en cinco meses. En el campo el tiempo requerido es muy variable de acuerdo con las condiciones ambientales y puede ser de hasta ocho meses, aunque Sánchez (2003) y Camacho *et al.* (2003), calcularon que se requieren de 328 a 450 días para el desarrollo de seis instares, ya que el séptimo lo consideran sólo como probable, lapso que sobrepasa en más de cinco meses al registrado en este estudio para al menos siete instares larvales que fueron determinados por Hernández-Livera *et al.* (2005).



Figura 12. A) Larva en busca de un sitio para pupar, B) Capullos localizados a cinco cm de profundidad.

Las larvas emergieron de la planta en el mes de octubre y fue evidente una gran actividad y la búsqueda de un sitio con cierta protección para enterrarse e iniciar la pupación (Figura 12A). En noviembre se encontraron pupas en el suelo de las macetas a aproximadamente cinco centímetros de profundidad (Figura 12B) cerca de la base de los magueyes y entre sus raíces. Dampf (1927) encontró que el capullo una vez construido permanece adherido a las raíces superficiales con ayuda de una prolongación estrecha; en este caso se encontraron capullos entre las raíces de los magueyes pero no se observó prolongación alguna que los uniera.

Duración del ciclo de vida.

El tiempo en el que se completó un ciclo de vida para *C. redtenbacheri* fue de diez meses. De las pupas colectadas en noviembre emergieron adultos en el mes de marzo, cerrando así el ciclo iniciado en mayo también con adultos. Este tiempo es ligeramente menor al de un año encontrado por Sánchez (2003). El aumento de temperatura en el ambiente afecta el metabolismo de los insectos influyendo en la velocidad en la que completan su desarrollo (Bursell, 1974) y en este caso la temperatura promedio de 29 °C registrada en el invernadero, mayor a la que se presenta en el medio ambiente, redujo

el tiempo de desarrollo del insecto, lo que podría ser utilizado con propósitos productivos.

Daños en maguey ocasionados por *C. redtenbacheri*.

Los daños que ocasiona el gusano rojo del maguey en las plantas que coloniza, se presentan principalmente en el sistema radical en forma de túneles o galerías irregulares que pueden prolongarse hasta la base de las hojas (Figura 13); Las galerías se transforman gradualmente en un anillo de infestación cuando la densidad de larvas es alta (Figura 14). Nolasco-Miguel *et al.* (2002) comprobaron que en las zonas del maguey donde se desarrollan los grupos de larvas, se inhibe el crecimiento de raíces.



Figura 13. A) Maguey que muestra el daño en forma de túneles de consistencia leñosa, B) las galerías se prolongan hasta la base de las hojas.

Dampf (1927) definió al insecto como un barrenador que ataca con preferencia las raíces y la base de las pencas que se encuentran en contacto con el suelo. Ancona (1931) describió el daño como “galerías descendentes en los tejidos internos del maguey, sin hacer interrupción en la parte superficial”, lo cual se ajusta a lo observado en este estudio aunque en dirección ascendente; el autor también menciona que las larvas pequeñas tienen preferencia por el meyolote en el cual abundan, dato contradictorio comparado con el primer enunciado, ya que se conoce como meyolote al “cono” de crecimiento de las hojas nuevas del maguey y en el presente

estudio no se observó que las larvas alcanzaran esa parte de la planta. Salas (2004) menciona síntomas que no coinciden con lo antes mencionado y que parecieran deberse a algún otro insecto como el gusano blanco del maguey, *Acentrocneme hesperiaris* Walker.



Figura 14. Daño profundo e irregular del sistema radical; A) con larvas presentes, B) larvas ya extraídas, se observa el anillo de infestación.

Sólo en algunos casos cuando las plantas fueron pequeñas y presentaron gran desgaste del sistema radical por la demanda alimenticia de las larvas, mostraron síntomas externos como el enrojecimiento de los bordes de las hojas dispuestas en la base de la planta, como lo mencionan Ancona (1931) y Granados (1993).

El grado de avance en el daño causado a los magueyes está relacionado con el tamaño y la salud de los mismos, así como con la densidad de larvas que se establecen, ya que se observó que una planta de 30 a 40 cm de altura no soporta una densidad de 80 larvas, debido a que agotan el recurso del tallo

subterráneo y las raíces (Figura 15), ocasionando un retraso del crecimiento de la planta y en última instancia su muerte, lo que impide a las larvas alcanzar su desarrollo completo por carencia de alimento. En campo se encontró un maguey de 43 centímetros de altura, soportando 90 larvas medianamente desarrolladas y con pocas reservas alimenticias. Plantas con más de 50 cm presentan mayor capacidad de carga, debido a que las larvas no impactan de manera significativa su estabilidad y pueden ser infestadas anualmente. Nolasco-Miguel *et al.* (2002) encontraron un promedio de 70.3 larvas de mediano desarrollo por planta en magueyes de 25 a 90 cm.



Figura 15. Tallo de maguey que muestra pocos restos de tejido vivo y larvas medianamente desarrolladas.

También se observó que magueyes ya infestados y debilitados fueron más susceptibles al ataque de otros insectos barrenadores y bacterias, lo cual coincide con lo encontrado por Sánchez (2003). Solís-Aguilar *et al.* (2000) mencionan que diversos insectos plaga pueden transmitir enfermedades.

Pruebas de establecimiento

Infestación con larvas de primer instar. La primera infestación llevada a cabo del 24 al 27 de mayo del 2006, con larvas de primer instar de 0.6 mg de peso, se revisó el 9, 10 y 11 de agosto, por lo que las larvas estuvieron establecidas en las plantas de maguey por un periodo de seis semanas. En la

Figura 16 se muestra la cantidad de larvas recuperadas en la revisión de la primera infestación, en la que se utilizaron 10 larvas por planta, tomando en cuenta las cinco repeticiones. El tratamiento 2 en el que se usó suelo franco y riego por inmersión, tuvo un establecimiento del 82% y en éste se pudo observar que las larvas aprovecharon el suelo compactado alrededor del tallo y del sistema radical para construir túneles de desplazamiento, disponiendo de una mayor área de alimentación, fenómeno que no se presentó en los tratamientos 3 y 4 en los que se empleó la mezcla de suelo. El riego por inmersión incorporó humedad de manera gradual y con mayor duración comparado con el tratamiento 1. En el resto de los tratamientos el establecimiento de las larvas no sobrepasó el 34%.

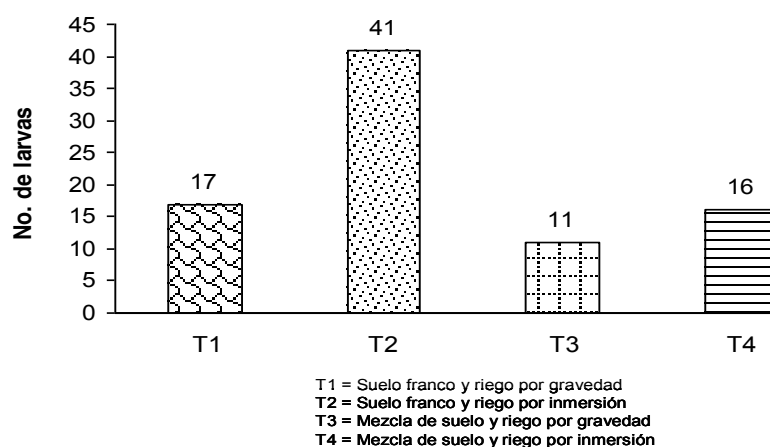


Figura 16. Número de larvas recuperadas de plantas infestadas con 10 y con cinco repeticiones por tratamiento.

En la prueba con 30 larvas introducidas por maguey, los tratamientos 1 y 2 tuvieron 90% y 85% de establecimiento respectivamente, seguidos por el tratamiento 3 en el que se recuperó el 66%, mientras en el tratamiento 4 sólo se recuperó el 30% de las larvas originalmente introducidas (Figura 17).

Para ambas pruebas, en los tratamientos 3 y 4, se observó una mayor concentración de humedad debido a la materia orgánica contenida en la mezcla de sustrato, lo que a su vez favoreció su colonización por organismos

de distintas especies como coleópteros, larvas de dípteros y lombrices que competían con las larvas de gusano rojo por espacio y alimento, aprovechando las horadaciones en los magueyes. Morón y Terrón (1988) consideran a *Strategus aloeus* (L.) (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae), como invasor secundario cuyas larvas y adultos aprovechan las lesiones primarias causadas por el gusano rojo, excavando galerías anchas en el tallo y la base de las hojas, que causan marchitez y la muerte de las plantas. Ramos *et al.* (2007) reportan la presencia del escarabajo *Scyphophorus acupunctatus* Gylh. en maguey. En algunos casos los organismos competidores afectaron a tal grado el micro ambiente, que impidieron la permanencia del gusano rojo. El suelo franco usado en los tratamientos 1 y 2, no favoreció el desarrollo de organismos competidores.

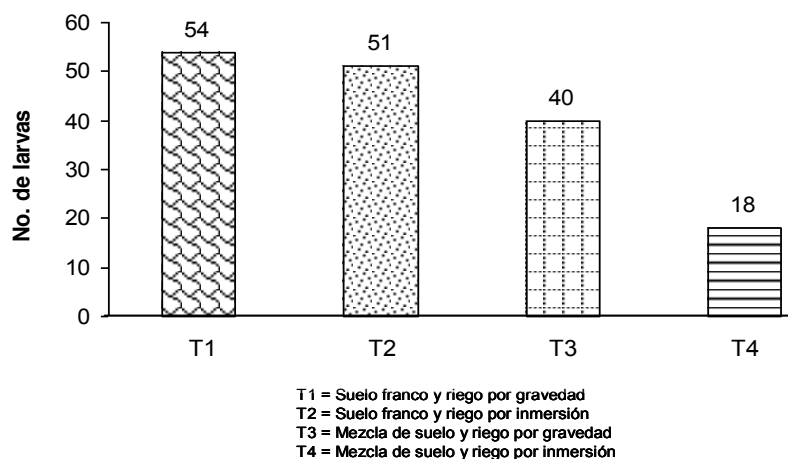


Figura 17. Número de larvas recuperadas de plantas infestadas con 30 y con dos repeticiones por tratamiento.

La concentración de humedad también provocó pudriciones de los agaves, debido posiblemente a su estado de adaptación al transplante y aclimatación al invernadero y a la mezcla de sustrato. Algunos insectos pueden actuar como vectores facilitando la entrada y el establecimiento de fitopatógenos, como es el caso del picudo del agave *S. acupunctatus* Gylh., quien favorece la infección por *Erwinia carotovora* (Jones) que causa la pudrición del cogollo y

la muerte del agave cuando las larvas barrenan la piña (Solís-Aguilar *et al.*, 2001).

Al evaluar el incremento de peso, las larvas de primer instar con un peso promedio inicial de 0.6 mg incorporadas en grupos de 10 individuos, después de 10 semanas lograron incrementos de 101.4 mg y 64.4 mg en los tratamientos 1 y 2, respectivamente, en tanto que en los tratamientos 3 y 4, el aumento de peso fue de 10.7 mg o menos. En los grupos de 30 larvas por maguey, el mayor peso se ganó también en los tratamientos 1 y 2 (Cuadro 1). Nolasco-Miguel *et al.* (2002) reportaron incrementos de peso que oscilaron entre los 0.018 y los 0.44 g, aunque no mencionan el tiempo de desarrollo ni las condiciones de riego.

Cuadro 1. Peso promedio de larvas recuperadas de magueyes infestados con densidades de 10 y 30 individuos por planta de maguey.

Numero inicial de larvas usadas por planta	Pesos promedio (mg)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
10	102	65	8.8	11.3
30	64.6	88.1	42	34.1

La humedad tiene un efecto marcado sobre la velocidad de desarrollo de los insectos, aunque cada especie parece mostrar sus propias peculiaridades (Bursell, 1974). Las condiciones que se presentaron en los tratamientos 3 y 4, con materia orgánica, humedad concentrada y presencia de competidores, tuvieron un efecto negativo sobre las larvas, ya que además de encontrarse en menor cantidad presentaron menos desarrollo.

Al realizar el análisis de regresión logística los tratamientos 1 y 2 reflejaron mayor porcentaje de probabilidad para la supervivencia de las larvas, así

mismo los porcentajes más altos, 80 y 89%, se encontraron en los tratamientos con 30 larvas (Cuadro 2).

Los tratamientos de plantas infestadas con 10 larvas tuvieron menor porcentaje de éxito en su establecimiento, debido posiblemente a su comportamiento gregario, el cual es aprovechado para colaborar y realizar una colonización más efectiva de la planta, por lo que introducir 10 larvas de primer instar a una planta de maguey puede ser desventajoso en comparación con la introducción de 30 larvas.

Cuadro 2. Probabilidad de supervivencia de larvas en cuatro tratamientos con dos densidades.

Densidad del tratamiento	Probabilidad de éxito por tratamiento (%)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
10	0.453	0.634	0.140	0.140
30	0.805	0.896	0.449	0.449

Por lo anterior y debido al tamaño de las larvas de primer instar, es conveniente manejarlas como masas de huevos cuando se inicia la eclosión y no de manera individual. Nolasco-Miguel *et al.* (2002) declararon haber obtenido bajos valores de infestación en su plantío (25 %), atribuyéndolo a la inmadurez de las larvas usadas como pie de cría.

Infestación con larvas de tercero y cuarto instar. Con base en los resultados obtenidos de la primera prueba de infestación se tomaron en cuenta las mejores condiciones, que en este caso fueron el uso de suelo franco y riego por gravedad, para considerarlas en una segunda infestación con densidades de 25, 50 y 100 larvas por planta y dos frecuencias de riego.

Las larvas fueron establecidas el 14 de agosto de 2006, con un peso promedio inicial de 55 mg. El 5 de octubre, al efectuar una revisión de los tratamientos de 25 larvas con ambas frecuencias de riego, no se encontraron individuos en los tratamientos que recibieron un riego semanal, mientras que cuando el riego se aplicó cada tercera semana se recuperó el 68% de las larvas, con 113.2 mg de peso promedio por individuo. Posteriormente se realizó otra revisión de los tratamientos con 50 larvas, encontrando para el riego semanal sólo una larva con 266 mg y para el riego más distanciado 10 larvas con un peso promedio de 279 mg por larva.

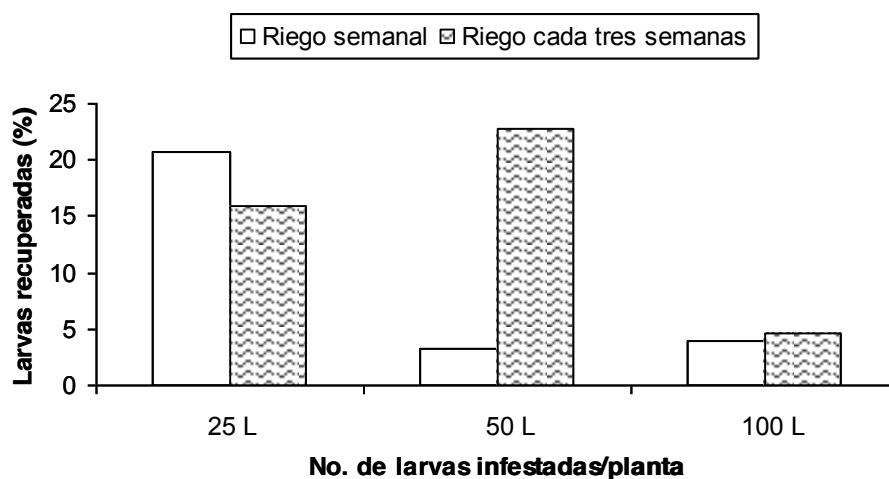


Figura 18. Porcentaje de larvas encontradas en tratamientos con tres niveles de infestación y dos frecuencias de riego.

Al efectuar la revisión completa el 21 de noviembre del 2006, se encontró que con una frecuencia semanal de riego, el porcentaje de larvas recuperadas fue notoriamente mayor cuando la infestación se realizó con 25 larvas por planta. Para el riego cada tres semanas, el porcentaje más alto de larvas se encontró en las infestaciones de 50, seguido por el de 25. El poco establecimiento para el nivel de 100 larvas, en ambas pruebas, puede deberse a la competencia por espacio y alimento entre individuos (Figura 18).

En los 99 días de establecimiento las larvas alcanzaron pesos superiores a los 400 mg, con excepción de las larvas con una densidad de 25, encontradas en las plantas regadas cada tercera semana (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso promedio de larvas recuperadas de magueyes infestados con tres diferentes densidades (D) y dos tipos de riego.

Frecuencia de riego	Peso promedio (mg)		
	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀
Semanal	520	420	545
Cada tres semanas	231	405	563

Al realizar el análisis logístico para la segunda infestación, las mejores probabilidades de éxito se obtuvieron para las densidades de 25 y 50 larvas, presentando mayor porcentaje los tratamientos a los cuales se les aplicó riego cada tres semanas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Probabilidad de supervivencia para larvas en los tratamientos con tres densidades y dos frecuencias de riego.

Frecuencia De riego	Probabilidad de éxito por densidad (%)		
	D ₂₅	D ₅₀	D ₁₀₀
Semanal	0.150	0.092	0.033
Cada tres semanas	0.247	0.159	0.060

Como en el caso de la primera infestación, la humedad resultó ser un factor importante para el establecimiento y desarrollo de las larvas, ya que al observar los datos de los cuadros 3 y 4, se nota que el riego semanal que incorporó mayor humedad disminuyó las posibilidades de supervivencia de las larvas, aunque favoreció su desarrollo, mientras que aún cuando el riego cada tercer semana favoreció la supervivencia de las larvas, éstas

incorporaron menor peso. En muchas especies de insectos se ha registrado una conducta de agregación hacia los ambientes húmedos, aunque algunas especies más resistentes a la desecación reaccionan de modo contrario (Bursell, 1974). En el caso de *C. redtenbacheri*, para obtener una buena cantidad de larvas con peso aceptable, es indispensable definir el nivel óptimo de humedad, tomando en cuenta el tamaño del maguey y la madurez de su sistema radical, por lo que se aconseja tener magueyes con un mínimo de seis meses de establecimiento si estos han sido extraídos del campo, con la finalidad de evitar deficiencias en la absorción de agua.

Las larvas que tuvieron éxito en su establecimiento y desarrollo alcanzaron el estado de pupa en aproximadamente seis meses. Camacho *et al.* (2003) señalan que el cambio en las condiciones cuando las larvas se extraen del maguey, puede afectar el desarrollo y provocar que la pupación se presente antes de completar el último estadio. Lo anterior se debe considerar cuando las larvas se extraen de la planta hospedera inicial y se intenta que colonicen a una segunda planta.

CONCLUSIONES

La duración del ciclo de vida para *C. redtebacheri* fue de 10 meses en las condiciones del estudio. Los adultos sólo viven pocos días debido a que su aparato bucal no es funcional; es posible separar los sexos desde el estado de pupa. En laboratorio es factible la incubación de huevos y el establecimiento de larvas de los primeros instares en plantas de maguey.

En invernadero las mejores condiciones para el desarrollo y supervivencia de las larvas de *C. redtenbacheri* fueron el suelo franco como sustrato para plantas de maguey de 30 a 50 cm de altura extraídas del campo y establecidas en macetas con un mínimo de seis meses, con un riego cada tercera semana e infestaciones de entre 25 y 50 larvas.

LITERATURA CITADA

- Agresti, A. 2002. Categorical Data Analysis. 2^{da} ed. Wiley, John y Sons, inc. pp. 79-129.
- Ancona, L. H. 1931. Los chilocuiles o gusanitos de la sal de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología UNAM. 2: 265-277.
- Bursell, E. 1974. Introducción a la fisiología de los insectos. Alhambra. España. pp. 326-330.
- Camacho, 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, A. D., A. Nolasco-Miguel, J. E. Jiménez-Luna y F. Rivera-Torres. 2005. Reintroducción de maguey y cultivo del gusano rojo *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana 4: 599-603.
- Cochand, A. 2000. Cactus y Plantas Crasas, Guía Ilustrada. Iberlibros, Barcelona, España. 125 p.
- Dampf, A. 1927. Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypoptya agavis* Blásquez (*chilodora* Dyar) (Lepidoptera, Fam., Cossidae), plaga de los magueyes de la Mesa Central de Méx. Estudios sobre las plagas de las plantas y de los animales de México publicados por la Oficina para la Defensa Agrícola. 1: 26.

- Fonseca, J. G. 2007. Ocurrencia de insectos descortezadores en bosques dañados por incendios. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 61 p.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press, USA. 670 p.
- Granados, D. S. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- Hernández-Livera, R. A. 2004. Inducción de la pupación e identificación de instares larvales en gusano rojo del maguey (*Comadia redtenbacheri* (Hamm.)) (Lepidoptera: Cossidae). Tesis de Maestría en Ciencias. 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.
- Madrigal-Lugo, R., F. Pineda-Estrada y J. L. Rodríguez-De la O. 1990. Agave. Handbook of Plant Cell Culture, Ornamental Species. Vol. 5 McGraw-Hill, New York. pp. 206-227.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología. México, D. F. pp. 237-239.
- Nobel, P. S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Trillas. México. 211 p.
- Nolasco-Miguel, A., J. E. Jiménez Luna y A. D. Camacho. 2002. Inducción de la pupación y colonización del gusano rojo del maguey *Comadia*

- redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomología Mexicana 1: 125-130.
- Ramos E., J. y J. Pino-Moreno. 1984. Esos deliciosos insectos comestibles. Revista de Geografía Universal. Año 9 Vol. 18 (2): 147-160.
- Ramos E., J. 1987. Los Insectos como Fuente de Proteínas en el Futuro. 2^{da} Ed. Limusa, México, D. F. 148 p.
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, México and some measures to preserve them. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 2 (51): 1-10
- 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 (2): 121-134
- Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski 1990. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. III Instituto de Ecología. Centro regional del Bajío. Pátzcuaro, Mich., México. 408 p.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. pp. 237-243.
- Salas-Araiza, M. D., L. A. Parra-Negrete y E. Salazar-Solís. 2004. Insectos asociados a agaves (Agavaceae) en el estado de Guanajuato. Entomología Mexicana 3: 199-203.
- Sánchez H., A. 2003. Contribución al conocimiento de la biología del gusano rojo del maguey (*Comadia redtenbacheri*) Hamm. 1847 (Lepidoptera: Cossidae). Tesis Profesional. ENCB-IPN, México. 66 p.

Solís-Aguilar, J. F., H. González-Hernández, J. L. Leyva-Vázquez. A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia* 35: 663-670

Statistical Analysis System. 1997. The SAS system for windows. Release 6.12. University of Minnesota.