



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## DESARROLLO DE *Comadia redtenbacheri* (LEPIDOPTERA: COSSIDAE) EN VIVERO

ISIS RAQUEL DELGADO TEJEDA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2016

La presente tesis titulada: **Desarrollo de *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae) en vivero**, realizada por la alumna: **Isis Raquel Delgado Tejeda**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

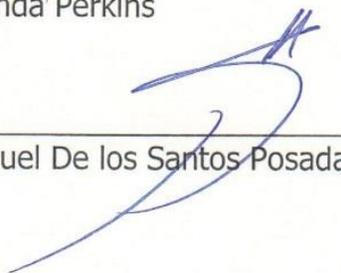
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
Dra. María Celina Micaela Llanderal Cázares

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Kalina Miranda Perkins

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Héctor Manuel De los Santos Posadas

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2016

## DESARROLLO DE *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae) EN VIVERO

Isis Raquel Delgado Tejeda, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

### RESUMEN

La etapa larval de *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) es utilizada para el consumo humano y como la mayoría de los insectos comestibles son recolectados de poblaciones silvestres para su consumo o para comercializarlos. Ante esta situación es suma importancia generar métodos para su aprovechamiento con la finalidad de contribuir a reducir la presión sobre poblaciones silvestres.

De acuerdo a lo anterior se planteó como objetivo lograr el proceso de pupación de *C. redtenbacheri* a partir de la liberación de larvas con un peso  $>0.30$  g y evaluar su establecimiento en plantas de agave, con base en la emergencia de adultos y la oviposición. Se logró el establecimiento de *C. redtenbacheri* en macetas que contenían agaves y se presentaron diferencias en el número de adultos emergidos ( $p \leq 0.05$ ). El mayor promedio de emergencia fue de 15.9% en la densidad de 600 larvas, mientras que con 400 y 200 larvas, el promedio de emergencia fue de 5.3% y 1.1%, respectivamente. Con respecto al peso de masas de huevos ovipositadas hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), con un promedio de 0.9609 g con la densidad de 600 larvas 0.1257 g con 400 larvas y 0.2694 g para 200. Otro objetivo fue evaluar el establecimiento de la fase larval de *C. redtenbacheri* mediante infestación dirigida con individuos provenientes de plantas de *A. salmiana* (LRA) , así como de larvas neonatas emergidas de masas de huevos (LMH), no se encontraron diferencias estadísticas para el número de larvas establecidas entre los tratamientos ( $P=0.325$ ), fueron infestados nueve de los quince agaves para el primer tratamiento, mientras que para el segundo solo dos de los cinco agaves fueron colonizados. Del total de las larvas establecidas en ambos tratamientos se obtuvo un peso promedio de 0.108 g, pero el desarrollo de las larvas fue heterogéneo, ya que 78.3% de estas registró un peso menor al promedio y el resto 21.7% reportó un peso mayor.

**Palabras clave:** Insectos comestibles, establecimiento de gusano rojo, pupación.

Isis Raquel Delgado Tejeda, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

**ABSTRAC**

## AGRADECIMIENTOS

A Valeria, quien me acompañó en este quehacer desde su gestación, primero en el trabajo en el vivero bajo el intenso sol y sin protestar, posteriormente en el laboratorio donde mientras observaba a través de un microscopio pude disfrutar de sus movimientos dentro de mi vientre y que durante la redacción de este documento durmió a mi lado, se alimentó de mí y me observaba atenta, espero algún día ser merecedora de tu admiración.

A Lenin quien me apoyó desde que comencé con esta meta y me dedicó más tiempo del debido aun quedando en deuda con sus seres queridos o actividades, sin ti no hubiera podido culminar satisfactoriamente, eres mi más grande apoyo, con amor gracias.

A mi familia: mis padres Raquel y Eduardo; mis hermanos Greysi, Jofret, Enith y Ciro y todos mis sobrinos que siempre confiaron en mi capacidad para cumplir mis metas y me alientan para continuar.

A la Dra. Celina por recibirme en su grupo de trabajo y su apoyo para la realización de esta investigación, a la Dra Kalina por su contribución en la revisión de este documento y al Dr. De Los Santos por los consejos respecto al análisis de los datos.

A mis compañeros Jesús, Santos, Paul, Sara, Enhé, Alejandro, les agradezco su apoyo en lo académico pero sobre todo el tiempo que dedicaron a compartir algo más...su amistad.

A mi amigo Miguelito, gracias por tu apoyo en el vivero, por aquellas conversaciones interminables con las cuales no paraba de reír, por tu amistad, por tu alegría. †

A CONACYT por la beca otorgada y por el apoyo a través del proyecto **SEP-CONACYT 166898 "Biología de *Comadia redtenbacheri* Hamm."**

Al Colegio de Postgraduados por permitirme desarrollarme académicamente en tan importante institución.

Kelly

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
<b>1. Planteamiento del problema</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	2
<b>3. Literatura Citada</b> .....	2
CAPÍTULO I. Pupación, emergencia de adultos y oviposición de <i>Comadia redtenbacheri</i> (Lepidoptera: Cossidae) en vivero .....	4
<b>Resumen</b> .....	4
<b>1.1. Introducción</b> .....	5
<b>1.2. Materiales y Métodos</b> .....	7
1.2.1. Descripción de la zona de colecta de agaves .....	7
1.2.2. Características de los agaves colectados.....	7
1.2.3. Establecimiento de los agaves en vivero .....	7
1.2.4. Descripción de la zona de adquisición de larvas .....	9
1.2.5. Descripción y aislamiento de las larvas seleccionadas.....	9
1.2.6. Inducción a la pupación, emergencia de adultos y oviposición de <i>Comadia redtenbacheri</i> (Lepidoptera: Cossidae) .....	10
<b>1.3. Resultados y Discusión</b> .....	14
1.3.1. Evaluación de pupación, emergencia de adultos y oviposición de <i>Comadia redtenbacheri</i> (Lepidoptera: Cossidae) .....	14
<b>1.4. Conclusiones</b> .....	17
<b>1.5. Literatura citada</b> .....	17
CAPÍTULO II. Establecimiento de <i>Comadia redtenbacheri</i> en plantas de agave, mediante infestación dirigida.....	23
<b>Resumen</b> .....	23
<b>2.1. Introducción</b> .....	24

<b>2.2. Materiales y métodos</b> .....	26
2.2.1. Establecimiento de agaves en vivero .....	26
2.2.2. Larvas obtenidas de agaves de campo .....	26
2.2.3. Larvas obtenidas de crías de laboratorio.....	28
2.2.4. Infestación de los agaves .....	28
2.2.5. Evaluación de agaves infestados.....	28
<b>2.3. Resultados y Discusión</b> .....	31
2.3.1. Evaluación de agaves infestados .....	31
<b>2.4. Conclusiones</b> .....	32
<b>2.5. Literatura Citada</b> .....	32
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	34

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Prueba de regresión distribución Poisson, para la variable número de adultos establecidos.....	14
Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey para las variables peso de masas ovipositadas.....	16

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Macetas de <i>Agave salmiana</i> distribuidas en “cinco de oros”.....	8
Figura 1.2. Macetas con plantas de <i>Agave salmiana</i> sobre mesas a 1.10 m de altura, mantenidas en vivero.....	8
Figura 1.3. Larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> de peso >0.30 g mantenidas en charolas con trozos de <i>Agave salmiana</i> como alimento. ....	9
Figura 1.4. Larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> de un peso >0.30 g distribuidas en el suelo de la maceta con plantas de <i>Agave salmiana</i> .....	11
Figura 1.5. Larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> enterrándose en el suelo de las macetas con plantas de <i>Agave salmiana</i> . ....	11
Figura 1.6. Maceta con plantas de <i>Agave salmiana</i> y larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> establecidas para la pupación, cubierta con jaula para protección.....	12
Figura 1.7. Adulto de <i>Comadia redtenbacheri</i> emergido en confinamiento. ....	12
Figura 1.8. Exuvia de <i>Comadia redtenbacheri</i> después de la emergencia del adulto. ....	13
Figura 1.9. Masa de huevos de <i>Comadia redtenbacheri</i> ovipositada sobre la base de la hoja de <i>Agave salmiana</i> . ....	13
Figura 2.1. Macetas con plantas de <i>Agave salmiana</i> sobre mesas de 1.10 m de altura, mantenidas en vivero.....	27
Figura 2.2. Rizoma de <i>Agave salmiana</i> de donde se extrajeron las larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> . ....	27
Figura 2.3. Larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> provenientes de masas de huevos de adultos criados en laboratorio.....	29
Figura 2.4. Infestación de <i>Agave salmiana</i> con larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> .....	29
Figura 2.5. Larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i> colocadas en la base de una hoja de <i>Agave salmiana</i> para provocar la infestación. ....	30
Figura 2.6. Disección del rizoma de <i>Agave salmiana</i> para evaluar el establecimiento de larvas.	30

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1. Planteamiento del problema

Aproximadamente 1,900 especies de insectos se consumen en todo el mundo (van Huis, 2013) y contribuyen significativamente en la seguridad alimentaria y a los medios de vida de las personas de algunos países en desarrollo principalmente en África, Asia, América Latina y algunos desarrollados, por ejemplo Japón (Vantomme, 2010).

Los insectos comestibles se encuentran en la categoría de productos forestales no maderables y la gran mayoría se recolectan en áreas silvestres, en las tierras de cultivo o en los bosques (van Huis *et al.*, 2013). Los insectos comestibles eran en apariencia un recurso inagotable, sin embargo la sobreexplotación es un serio desafío tanto para la práctica actual como futura de la entomofagia (Schabel, 2006), sobre todo si el número de insectos recolectados supera la capacidad de regeneración (Cerritos y Cano-Santana, 2008), además de otros problemas ecológicos como el hecho de que a menudo los árboles hospederos se talan para facilitar y aumentar la recolección (van Huis *et al.*, 2013) tal es el caso del gusano rojo del maguey, larva de *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) que en temporada de lluvias de julio a septiembre, se aprovecha su comportamiento natural para la recolección, ya que el agua estimula a salir del maguey a las larvas que están listas para pupar. Sin embargo, el procedimiento típico de colecta consiste en localizar las plantas infestadas y extraer las larvas aunque no hayan terminado su desarrollo, lo que ocasiona la disminución de la población silvestre (Granados, 1993; Miranda *et al.*, 2011) además de la eliminación constante del agave ya que no hay replantaciones posteriores (Ramos-Elorduy, 2006; Llanderal-Cázares *et al.*, 2010).

Algunas formas de producción han demostrado potencial para reducir la presión sobre las poblaciones de insectos silvestres comestibles, incluido el hábitat, mediante la cría a pequeña escala en condiciones de confinamiento (por ejemplo, jaulas y estanques) y los sistemas de producción industrial (fábricas) (Yen, 2012).

En el caso de *C. redtenbacheri* la reproducción en confinamiento puede ser una opción para su aprovechamiento y para reducir la dependencia de poblaciones silvestres del insecto y de su hospederero.

Van Huis *et al.* (2013) indican que en los trópicos el énfasis debe estar en la optimización de la productividad de los sistemas tradicionales, mediante el desarrollo de procedimientos con los cuales la gente pueda implementar instalaciones de cría a pequeña escala. Un sistema de producción de *Comadia redtenbacheri* puede apoyar a cumplir con estos planteamientos.

## 2. Objetivos

- Lograr el proceso de pupación a partir de la liberación de larvas maduras de *C. redtenbacheri* y evaluar su establecimiento en plantas de agave, con base en la emergencia de adultos y la oviposición.
- Evaluar el establecimiento de *Comadia redtenbacheri* en plantas de agave, mediante la infestación dirigida

## 3. Literatura Citada

- Cerritos, R. y Z. Cano-Santana. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop. Prot.* 27: 473–480.
- Granados, D. S. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- Llanderal-Cázares C., H. M. De los Santos-Posadas, E. I. Almanza-Valenzuela, R. Nieto-Hernández y C. Castillejos-Cruz. 2010. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. *Acta Zool. Mexicana* (n. s) 26: 25-31.
- Miranda G., B. Quintero y B. Ramos. 2011. La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, en el Estado de México. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 9: 81-568.
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, México and some measures to preserve them. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2: 1-10.
- Schabel, H. 2006. Forest-based insect industries. In H. Schabel, ed. *Forest Entomology in East Africa: Forest Insects of Tanzania*, pp. 247–294.

- van Huis, A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 563–83.
- van Huis, A., J. van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir y P. Vantomme. 2013. Edible insects - Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper. Roma. 171 p.
- Vantomme, P. 2010. Los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que se suele pasar por alto. *Unasyuva* 61: 19-21.
- Yen, A. L. 2012. Edible insects and management of country. *Ecological management & restoration* 13: 97-99.

## **CAPÍTULO I. Pupación, emergencia de adultos y oviposición de *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae) en vivero**

### **Resumen**

Con la finalidad de generar métodos para el aprovechamiento de la etapa larval de *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt), se planteó como objetivo su establecimiento en confinamiento. En nueve macetas que contenían suelo y cada una con cinco plantas de agave de una edad aproximada de tres años, se liberaron larvas con un peso  $>0.30$  g para inducir las a la pupación. A los cinco meses se colocó sobre las macetas una jaula para que los adultos que lograran emerger se aparearan y ovipositaran sobre los agaves. Las macetas se mantuvieron dentro de un vivero cubierto con malla sombra. Se usó un diseño experimental completamente al azar y se establecieron densidades de 200, 400 y 600 larvas por maceta con tres repeticiones. Una vez terminada la emergencia de los adultos se contabilizaron las exuvias pupales dejadas por estos para determinar el número de adultos emergidos y se colectaron las masas ovipositadas para obtener su peso. Se logró el establecimiento de *C. redtenbacheri* y se presentaron diferencias estadísticas para la variable respuesta número de adultos emergidos ( $p \leq 0.05$ ). El mayor promedio de emergencia fue de 15.9% en la densidad de 600 larvas, mientras que con 400 y 200 larvas, el promedio de emergencia fue de 5.3% y 1.1%, respectivamente. Para la variable respuesta peso de masas de huevos ovipositadas hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), con un promedio de 0.9609 g con la densidad de 600 larvas 0.1257 g con 400 larvas y 0.2694 g para 200.

**Palabras clave:** Insectos comestibles, cría de insectos, gusano rojo del maguey, entomofagia, *Agave salmiana*.

## 1.1. Introducción

Actualmente se realiza la cría de insectos para destinarlos a diferentes fines, por ejemplo para ser usados en el control biológico como es el caso de la reproducción de especies como *Trichogramma* spp., *Chrysoperla* spp., *Ceraeochrysa* spp. y *Tamarixia radiata* para el control de plagas agrícolas (SENASICA, s/f) o como piensos para animales por ejemplo el uso de prepupas de *Hermetia illucens* para la cría de trucha arcoíris (Sealey *et al.*, 2011) y rara vez se crían para consumo humano (Vantomme, 2010).

En el caso de los insectos comestibles la mayoría de ellos son cosechados de poblaciones silvestres (van Huis, 2013) y su biología, ecología, conservación, gestión y técnicas de cultivo han estado ausentes en gran medida en los planes de estudio formal (Kogan, 1998), aunque en la última década se ha visto un aumento lento pero constante en el estudio de estos (van Huis *et al.*, 2013).

DeFoliart (1999) sostiene que la mención cada vez más frecuente de la importancia de los insectos como alimento por diferentes autores que abordan la entomofagia es indicativo de una amplia concientización de esta práctica.

Además de la importancia de los insectos como alimento, estos contribuyen significativamente a las economías locales (DeFoliar, 1999) y pueden ser importantes para la diversificación económica (van Huis *et al.*, 2013). En México, en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, el gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) alcanza un precio en estado fresco de \$ 500.00/kg en temporada y \$ 700.00/kg en los meses en que la producción es escasa (Miranda *et al.*, 2011), aunque otros autores reportan precios de \$ 800.00 a \$ 1,000.00/kg (Camacho *et al.*, 2005).

*C. redtenbacheri* es el único Cossidae citado en México (Brown, 1976), en donde las principales especies hospedantes son magueyes pulqueros *Agave salmiana* Otto ex Salm, *A. mapisaga* Trel. y *A. atrovirens* Karw. ex Salm (Camacho *et al.*, 2003). Las hembras ovipositan masas de huevos en la base de las hojas del agave y presentan un periodo de incubación de 30 a 35 días, después de la eclosión las larvas se establecen en el rizoma del agave donde completan el desarrollo (Granados, 1993) a través de siete instares larvales (Hernández-Livera *et al.*, 2005) en un periodo que dura cinco meses en invernadero y ocho en campo (Llanderal-Cázares *et al.*, 2007). En laboratorio, con una mezcla a partes iguales de suelo y vermiculita, de 5 cm de profundidad, el

periodo de pupación dura cinco meses (Miranda-Perkins *et al.*, 2013). La longevidad de los adultos es de tres a cinco días, porque poseen un aparato bucal atrofiado que les impide alimentarse (Hernández-Livera *et al.*, 2005; Llanderal-Cázares *et al.*, 2007).

Existen antecedentes de establecimiento de diferentes estados de desarrollo de *C. redtenbacheri* y por ejemplo Miranda-Perkins y Llanderal-Cázares (2013) lograron los procesos de pupación, apareamiento, oviposición y eclosión en laboratorio. Llanderal-Cázares *et al.* (2010) reportaron el establecimiento de la fase larvaria de *C. redtenbacheri* en plantas de maguey mantenidas en condiciones de invernadero, ya que las larvas se desarrollaron y alcanzaron el estado de pupa. Otros autores han contribuido con la experimentación para el establecimiento de *C. redtenbacheri* (Nolasco *et al.*, 2002; Camacho *et al.*, 2005).

Algunos autores señalan que se pueden obtener insectos comestibles de tres distintos orígenes: entornos agrícolas y zonas silvestres, espacios para la semi-domesticación y pequeñas fincas o grandes fábricas en las ciudades; una diversidad de ambientes garantiza una diversidad de especies potenciales para la reproducción de insectos comestibles y de piensos y esto funge como red de seguridad alimenticia y económica para quien la realice (Vantomme, 2010; Huis *et al.*, 2013; Yen, 2015).

Yen (2015) opina con respecto a la semi-domesticación y cultivo de insectos comestibles que no todas las especies son capaces de ser domesticadas o semi- cultivadas, por lo que se requiere una evaluación inicial de viabilidad para posibles especies elegidas y recomienda el uso de especies locales además de sistemas de baja tecnología y de bajo costo.

Como ya se describió con respecto al gusano rojo del maguey *C. redtenbacheri*, se cuenta con la información suficiente para iniciar evaluaciones de establecimiento de acuerdo con los autores que se han mencionado.

Con todo lo anterior se planeó como objetivo lograr el proceso de la pupación a partir de la liberación de larvas maduras de *C. redtenbacheri* y evaluar su establecimiento en plantas de agave, con base en la emergencia de adultos y la oviposición.

## 1.2. Materiales y Métodos

### 1.2.1. Descripción de la zona de colecta de agaves

Las plantas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck fueron colectadas en el municipio de Teotihuacán Estado de México, en las coordenadas 19°42'07.8"N y 98°54'58.3"W, que forma parte de la provincia eje neovolcánico y de la subprovincia lagos y volcanes de Anáhuac en la totalidad de su territorio. Se encuentra ubicada en la región hidrológica de Pánuco y cuenca R. Moctezuma, la subcuenca L. Texcoco y Zumpango y R. Tezontepec, con corrientes de agua intermitentes y cuerpos de agua no disponibles. Se reporta un rango de temperatura de entre 14-16 °C, la precipitación 600 – 700 mm y un clima semiseco con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (INEGI, 2015a).

### 1.2.2. Características de los agaves colectados

Se colectaron de un sistema de producción agrícola 75 plantas de *A. salmiana* de aproximadamente tres años de edad, con rizoma y presencia de signos de debilidad conforme a Kalisch y Baxendale (2010) que afirman que en este estado es como los barrenadores prefieren a su hospedero. Los agaves colectados constaron de hijuelos arrancados de la planta madre, mediante el procedimiento típico que consiste en cortar el rizoma del hijuelo que lo une a la planta madre con ayuda de una barrena y también se utilizaron agaves que ya habían sido desenterrados y mantenidos a la intemperie donde se almacenan hasta el momento de su replantación.

### 1.2.3. Establecimiento de los agaves en vivero

En un vivero cubierto con malla sombra ubicado en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México, 45 agaves fueron plantados en grupos de cinco, distribuidos en "cinco de oros" (Figura 1.1), en nueve macetas de plástico de 1.22 X 1.22 X 30 cm que contenían suelo franco tomado del mismo sitio donde se estableció el experimento. Se aplicó riego una vez por semana durante tres semanas para apoyar el establecimiento de las plantas. Las macetas fueron colocadas sobre mesas a 1.10 m de altura, además de que se aplicó un adhesivo para trampas de insectos a las estructuras que soportaban las mesas, para mantenerlas alejadas de depredadores (Figura 1.2).



Figura 1.1. Macetas de *Agave salmiana* distribuidas en “cinco de oros”.



Figura 1.2. Macetas con plantas de *Agave salmiana* sobre mesas a 1.10 m de altura, mantenidas en vivero.

#### 1.2.4. Descripción de la zona de adquisición de larvas

Las larvas provenían de Tulancingo, Hidalgo, donde fueron adquiridas el 12 de septiembre de 2014. La zona se ubica dentro de la provincia eje neovolcánico en la totalidad de su territorio y subprovincia lagos y volcanes de Anáhuac y llanuras y sierra de Querétaro e Hidalgo en menor proporción. La hidrología corresponde a Pánuco, cuenca R. Moctezuma, subcuenca R. Metztlán con corrientes de agua perenes y cuerpos de agua intermitentes. Temperatura de 12 - 16° C, precipitación de 500-900 mm y clima semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (INEGI, 2015b).

#### 1.2.5. Descripción y aislamiento de las larvas seleccionadas

La muestra de larvas se catalogó como “comercial”, que de acuerdo con Miranda-Perkins *et al.* (2013) por lo general se compone de organismos manipulados durante el proceso de colecta, acopio y distribución, sin un cuidado especial durante la extracción. Se eligieron aquellas de un peso >0.30 g (a partir del quinto instar), que según Miranda-Perkins *et al.* (2013) logran pupar si se les proporciona un sustrato adecuado y que no presentaran síntomas, signos de parasitismo o daño por patógenos con relación a Zetina y Llanderal-Cázares (2014). Las larvas se mantuvieron en charolas con trozos de *A. salmiana* como alimento por aproximadamente una semana, durante la cual se retiraron las que se observaban afectadas en su comportamiento y las muertas (Figura 1.3).



Figura 1.3. Larvas de *Comadia redtenbacheri* de peso >0.30 g mantenidas en charolas con trozos de *Agave salmiana* como alimento.

#### 1.2.6. Inducción a la pupación, emergencia de adultos y oviposición de *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae)

En septiembre de 2014 las larvas de *C. redtenbacheri* con un peso  $>0.30$  g (a partir del quinto instar) se colocaron en las macetas que contenían los agaves en densidades de 200, 400 y 600 larvas y tres repeticiones distribuidas al azar, bajo el supuesto de que entre mayor sea el número de larvas inducidas a pupar mayor será la emergencia de adultos. El suelo de la maceta fue removido con la ayuda de una pala para facilitar el establecimiento de las larvas, mismas que se distribuían sobre el suelo en grupos hasta cubrir toda la superficie de la maceta (Figura 1.4) y una vez que se enterraban (Figura 1.5) se repetía el procedimiento hasta terminar con el número de larvas correspondiente a cada tratamiento.

Posteriormente se colocó una jaula de organza lisa que cubría la maceta hasta una altura de 80 cm como protección contra depredadores, la cual se retiró una vez que se observó que las larvas no salían más del suelo (Figura 1.6). Cinco meses después se colocaron nuevamente las jaulas de organza para mantener en confinamiento a los adultos emergidos (Figura 1.7) que pudieran aparearse y ovipositar, ya que conforme a Miranda-Perkins *et al.* (2013), en condiciones de laboratorio *C. redtenbacheri* completa la etapa de pupa en ese tiempo.

Una vez que terminó la emergencia y ningún adulto se observó con vida, se realizó el conteo y sexado de adultos emergidos mediante las exuvias pupales dejadas por estos en la superficie y suelo de cada maceta (Figura 1.8) y se recolectaron las masas ovipositadas en los agaves elegidos por la hembras (Figura 1.9) de las nueve unidades experimentales, para el registro de su peso por unidad experimental y con base en el peso promedio de huevos previamente registrado de manera individual, calcular el número de huevos mediante el peso total de las masas ovipositadas. El suelo se tamizó para localizar a los individuos que permanecieron como larvas y pupas.

En el caso de número de adultos emergidos el análisis estadístico se realizó mediante un modelo de regresión (PROC GENMOD) distribución Poisson, con un valor de  $\alpha$  de 0.05 con el paquete estadístico The SAS System for Windows 9.00 (SAS institute, 2002).

Para la variable respuesta peso de masas ovipositadas, los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA (PROC GLM) con el paquete estadístico The SAS System for Windows 9.00 (SAS

Institute, 2002). La comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de rango estudentizado de TUKEY ( $\alpha=0.05$ ).



Figura 1.4. Larvas de *Comadia redtenbacheri* de un peso  $>0.30$  g distribuidas en el suelo de la maceta con plantas de *Agave salmiana*.



Figura 1.5. Larvas de *Comadia redtenbacheri* enterrándose en el suelo de las macetas con plantas de *Agave salmiana*.



Figura 1.6. Maceta con plantas de *Agave salmiana* y larvas de *Comadia redtenbacheri* establecidas para la pupación, cubierta con jaula para protección.



Figura 1.7. Adulto de *Comadia redtenbacheri* emergido en confinamiento.



Figura 1.8. Exuvia de *Comadia redtenbacheri* después de la emergencia del adulto.



Figura 1.9. Masa de huevos de *Comadia redtenbacheri* ovipositada sobre la base de la hoja de *Agave salmiana*.

### 1.3. Resultados y Discusión

#### 1.3.1. Evaluación de pupación, emergencia de adultos y oviposición de *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae)

El proceso de pupación de *C. redtenbacheri* en vivero inició en septiembre y en marzo comenzó la emergencia de los adultos que se prolongó hasta mayo. Se encontraron diferencias estadísticas ( $P \geq 0.05$ ) en la emergencia de adultos entre las diferentes densidades utilizadas, con el mejor tratamiento cuando se usó la densidad de 600 larvas ( $P=0.001$ ) (Cuadro 1), con un promedio de emergencia del 15.9%, 1.1% con la densidad de 400 larvas y 5.3% donde se usaron 200 individuos. El porcentaje de emergencia parece relativamente bajo, pero si se considera que para la densidad 600 larvas poco más de la mitad de los adultos emergidos fueron hembras ( $n=48$ ) y se sabe que cada hembra tiene la posibilidad de dar origen a 104 descendientes en promedio (Ramírez-Cruz y Llanderal-Cázares, 2015), éstas podrían dar origen a 4992 larvas potenciales aproximadamente, que infestarían los agaves disponibles.

Cuadro 1. Prueba de regresión distribución Poisson, para la variable número de adultos establecidos.

Criterio	GL	Valor	Valor/GL
Desviación	6	20.5468	3.4245
Chi-cuadrada de Pearson	6	18.3537	3.0598
Verosimilitud	6	1073.2839	

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Pr>Z	Media estimada en individuos promedio emergidos
Densidad 600 larvas	4.5609	0.0466	<0.0001	95.66
Efecto de densidad 200 respecto a 600	-2.1917	0.3575	<0.0001	10.68
Efecto de densidad 400 respecto a 600	-3.0204	0.3280	<0.0001	4.66

Camacho *et al.* (2003) reportan que en un estudio realizado a la intemperie donde colocaron larvas de *C. redtenbacheri* para la pupación, obtuvieron un 15% de emergencia e infieren que este bajo porcentaje pudo deberse a los cambios drásticos de luz y temperatura. En este caso, el exceso de humedad, un factor que en estudios previos se ha visto puede llegar a afectar la pupación (Miranda-Perkins *et al.*, 2013), se presentó con lluvias torrenciales que ocasionaron que larvas que ya se encontraban dentro de su cocón salieran nuevamente. Otra causa de la baja emergencia pudo deberse al origen de las larvas, que provenían de muestras “comerciales”, que de acuerdo a los autores antes citados reduce en un 50% la emergencia de los adultos. En crías de insectos se ha determinado que la manipulación directa de las larvas debe ser mínima durante todo su desarrollo, ya que ésta les ocasiona estrés (Madrigal 2001).

La presencia de entomopatógenos en el suelo utilizado como sustrato para la pupación, también pudo haber jugado un papel importante en el bajo porcentaje de emergencia. Del suelo tamizado de las nueve macetas se recuperaron un total de 995 individuos en diferentes etapas de desarrollo desde larvas, prepupas en la gran mayoría y adultos farates, por lo que es probable que el ataque de entomopatógenos impida que las larvas lleguen al estado de pupa y si éste se alcanza, impidan el desarrollo completo de los adultos. Se analizaron 10 muestras de individuos recuperados y se encontró la presencia de hongos pertenecientes a los géneros *Rhizopus*, *Penicilium* y *Aspergillus*, que se han encontrado con frecuencia como patógenos en crías de insectos (Shapiro, 1984). *Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuillemin es saprófito en el suelo y se ha encontrado en dietas para alimentación del gusano de seda *Bombyx mori* L. (Trivedy *et al.*, 2011). Miranda-Perkins *et al.* (2013) reportaron cerca del 40% de larvas de *C. redtenbacheri* que habían sido depositadas en suelo para la pupación, infectadas por *Beauveria* spp. y Hernández-Flores *et al.* (2015) encontraron asociación de larvas de *C. redtenbacheri* con varios géneros de bacterias.

Para el caso de la variable peso de masas de huevos ovipositadas hubo diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ), según la prueba de comparación de medias con Tukey y el mejor tratamiento resultó el que se estableció con la densidad de 600 larvas ( $F=9.482,6$ ;  $P=0.013$ ) con respecto al resto de las densidades utilizadas (Cuadro 2), ya que se obtuvo un promedio de 0.9608 g, que con base en el peso promedio de cada huevo de 0.00056 g, equivale a 1715 huevos, lo que se traduce al mismo número de larvas potenciales, obteniendo casi el total de las larvas utilizadas (95%) para las tres repeticiones (1800 larvas) y aun si se considera que una tercera parte de los huevos no fuera

fértil, si se permite que continúe el desarrollo de los diferentes estados de desarrollo, en las generaciones siguientes se podría lograr una infestación de los agaves disponibles en un área delimitada y protegida, como es el caso de la producción del gusano de seda *Bombix mori*, en el que una vez que los productores llegan a producir 4000 pupas, seleccionan 200 de ellas para su crianza posterior (van Huis *et al.*, 2013). El establecimiento de insectos comestibles ya se ha logrado y por ejemplo en un estudio de casos de manipulación ambiental para la obtención de insectos comestibles realizado por Van Itterbeeck y van Huis (2012) en África Subsahariana, en un proceso llamado semi-cultivo, las personas colocan larvas comestibles jóvenes de diferentes especies de lepidópteros en árboles hospederos cercanos a sus casas o terrenos para que se alimenten y continúen su desarrollo hasta madurar y son entonces aprovechadas para su consumo, además de que algunas de estas larvas son conservadas para que pupen en el suelo, obtener adultos y que estos ovipositen en los árboles hospederos, de manera que logran el establecimiento y la recolección de manera eficiente.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey para las variables peso de masas ovipositadas.

Densidad	Media	N	Agrupamiento Tukey
	(Del total del peso de las masas recolectadas por tratamiento g)		
600 larvas	0.9609	3	A
400 larvas	0.1257	3	B
200 larvas	0.2694	3	B

Valores con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

Debido a que los porcentajes más altos de emergencia de adultos y oviposición se localizaron en el tratamiento con mayor número de larvas (600), se sugiere hacer nuevos experimentos en los que se incremente la densidad de organismos, ya que se pudiera seguir aumentando la

producción dentro de la misma superficie, lo que haría más eficiente el sistema, además de utilizar larvas de origen no comercial y procurar un mayor control de la humedad.

#### **1.4. Conclusiones**

El establecimiento de *C. redtenbacheri* es posible mediante un sistema de producción para el aprovechamiento de este insecto que comience con la inducción de larvas a la pupación y se permita la emergencia de adultos, su apareamiento y la oviposición, para culminar con la eclosión y establecimiento de las larvas por sí mismas en plantas de agave disponibles en un área delimitada y protegida, determinada para tal fin.

#### **1.5. Literatura Citada**

- Brown R., M. 1976. A revision of the North American *Comadia* (Cossidae). J. Res. Lepid. 14: 189-212.
- 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). Entomol. 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). Entomol. Mexicana 4: 599-603.
- DeFoliart, G. R. 1999. Insects as food: why the western attitude is important. Annu. Rev. Entomol. 44: 21–50.
- Granados, D. S. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 252 p.
- Hernández-Flores, L., C. Llanderal-Cázares, A. W. Guzmán-Franco y S. Aranda-Ocampo. 2015. Bacteria present in *Comadia redtenbacheri* larvae (Lepidoptera: Cossidae). J. Med. Entomol. 52: 1150-1158.
- Hernández-Livera R. A., C. Llanderal-Cázares, 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.

- INEGI. 2015a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 29 de diciembre de 2015 de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825077211>.
- INEGI. 2015b. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 29 de diciembre de 2015 de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825077143>.
- Jongema, Y. 2014. List of edible insects of the world. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. Recuperado el 2 de enero de 2015 de <http://tinyurl.com/mestm6p>
- Kalisch, J.A. y F.P. Baxendale. 2010. Insects borers of shade trees and woody ornamentals. EC1518. Univ. of Nebr., Coop. Extension. 8p.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243–270.
- Llenderal-Cázares C., R. Nieto-Hernández, I. Almanza-Valenzuela y C. Ortega-Álvarez. 2007. Biología y comportamiento de *Comadia Redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae). *Entomol. Mexicana* 6: 252-255.
- Llenderal-Cázares C., H. M. De los Santos-Posadas, E. I. Almanza-Valenzuela, R. Nieto-Hernández y C. Castillejos-Cruz. 2010. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. *Acta Zool. Mexicana* (n. s.) 26: 25-31.
- Madrigal, A. 2001. Cría de insectos en laboratorio. pp. 266-295. In: *Control Biológico de Plagas*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Miranda G., B. Quintero y B. Ramos. 2011. La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, en el Estado de México. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 9: 81-568.
- Miranda-Perkins K. y C. Llenderal-Cázares. 2013. Cruzas con diferente proporción de sexos en *Comadia redtenbacheri* Hamm. *Entomol. Mexicana* 12: 530-533.
- Miranda-Perkins, K., C. Llenderal-Cázares, H. M. De los Santos-Posadas, L. Portillo- Martínez, y A. L. Viguera-Guzmán. 2013. *Comadia redtenbacheri* (Lepidoptera: Cossidae) pupal development in the laboratory. *Fla. Entomol.* 96: 1424-1433.

- Nolasco M. A., J. E. Jiménez-Luna, y A. D. Camacho 2002. Inducción a la pupación y colonización del gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomol. Mexicana 1: 125-130.
- Paumgarten, F., 2005. The role of non-timber forest products as safety nets: a review of evidence with a focus on South Africa. GeoJournal 64: 189-197
- Raina, S.K., E. Kioko, O. Zethner y S. Wren, 2011. Forest habitat conservation in Africa using commercially important insects. Annu. Rev. of Entomol. 56: 465-485
- Ramírez-Cruz A. y C. Llanderal-Cázares. 2015. Morfología del sistema reproductor de la hembra de *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) (Lepidoptera: Cossidae). Acta Zool. Mexicana (n. s.) 31: 431-435.
- Sealey, W.M., T. Gaylord G., F. Barrows T., J. Tomberlin K., M. McGuire A, *et al.* 2011. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. J. World Aquacult. Soc. 42: 34–45
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release 6.2.9200. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- SENASICA (s.f.) Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria  
Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de <http://senasica.gob.mx/?id=5227>
- Shapiro, M. 1984. Microorganisms as contaminants and pathogens in insect rearing. pp: 130-142. In: E. G. King y N. C. Leppla (eds.). Advances and Challenges in Insect Rearing. USDA. Washington, D. C.
- Sunderland, T.C.H., O. Ndoye y S. Harrison-Sanchez. 2011. Non-timber forest products and conservation: what prospects? In S. Shackleton, Ch. Shackleton y P. Shanley (eds.). Non-timber Forest Products in the Global Context. pp. 209–224. Heidelberg, Deutschland.
- Trivedy, K., K. S Nirmal, N. Vinutha y S. M. H. Qadri, 2011. *In vitro* testing of common disinfectants used in sericulture to control the growth of fungi in rearing houses. Res. J. Microbiol. 6: 439-465.

- van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 563–83.
- van Huis, A., J. van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir y P. Vantomme. 2013. *Edible Insects - Future Prospects for Food and Feed Security*. FAO Forestry Paper. Roma. 171 p.
- Van Itterbeeck, J. y A. van Huis. 2012. Environmental manipulation for edible insect procurement: a historical perspective. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 8: 1–19.
- Vantomme, P. 2010. Los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que suele pasar por alto. *Unasyuva* 61: 19-21.
- Yen, A. L. 2015. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 33-55.
- Zetina, D. H., y C. Llanderal-Cázares. 2014. Signs and symptoms in *Comadia redtenbacheri* Hamm. (Lepidoptera: Cossidae) larvae affected by parasitoids. *Southwest. Entomol.* 39: 285-290.

## **CAPÍTULO II. Establecimiento de *Comadia redtenbacheri* en plantas de agave, mediante infestación dirigida.**

### **Resumen**

Se examinó el establecimiento de larvas de gusano rojo de un peso  $<0.30$  g sobre plantas de *Agave salmiana* mantenidas en vivero, con individuos provenientes de plantas de *A. salmiana* (LRA) colectados en campo, así como de larvas neonatas emergidas de masas de huevos (LMH) ovipositadas por adultos de cría en laboratorio. Las larvas fueron colocadas en la base de hojas de *A. salmiana*, para que por sí solas se establecieran en las plantas. Se usó una densidad de 50 individuos para ambos casos, con 15 repeticiones para larvas provenientes del rizoma de *A. salmiana* y cinco para larvas de masas de huevos. Ocho meses después de la infestación se removieron los agaves para llevar a cabo la disección de los rizomas y extraer las larvas que lograron instaurarse, así como determinar su peso. No se encontraron diferencias estadísticas para la variable número de larvas establecidas entre los tratamientos LRA y LMH ( $P=0.325$ ), con un total de 9 agaves infestados para el primer tratamiento, mientras que para el segundo solo dos de los cinco agaves fueron colonizados. Del total de las larvas establecidas en ambos tratamientos se obtuvo un peso promedio de 0.108 g, pero el desarrollo de las larvas no fue homogéneo, ya que 78.3% de estas registró un peso menor al promedio y el resto 21.7% reportó un peso mayor.

**Palabras clave:** Gusano rojo, cría de insectos, maguey.

## 2.1. Introducción

En los barrenadores de la madera el daño lo ocasionan las larvas de algunas polillas y escarabajos (Potter y Potter, 2008), de cuatro importantes familias, los escarabajos Cerambycidae y Buprestidae y las polillas Sesiidae y Cossidae (Kalisch y Baxendale, 2010). Algunas polillas se consumen normalmente durante sus etapas larvales (van Huis *et al.*, 2013). En México se consume el gusano rojo del maguey, larva de *Comadia redtenbacheri* de la familia Cossidae.

Algunos insectos son considerados como plagas por algunas personas y también por ciertos responsables de la gestión forestal (Durst y Shono, 2010; Vantomme, 2010), no obstante los insectos desempeñan una importante función en la alimentación del ser humano ya que son una excelente fuente de proteínas, hidratos de carbono y vitaminas (Vantomme, 2010). De acuerdo con Yen (2015), debido a la disminución de fuentes de alimento en muchos países, los insectos podrían desempeñar una mayor importancia en la seguridad alimentaria y propone que comer insectos de zonas agrícolas sería una forma de reducir las plagas.

Algunos insectos forestales son aprovechados para obtener fuentes de ingresos por personas que viven en medios rurales como opción ante la falta temporal de empleo, por ejemplo en la región del suroeste de Camerún se realiza la recolección silvestre de escarabajos para el comercio, actividad que contribuye a mejorar los medios de vida rural, aunque el comercio de insectos debería formalizarse con el fin de gestionar los recursos naturales de manera sostenible (Muafor *et al.*, 2012).

Otro ejemplo de recolección de insectos forestales son las hormigas tejedoras *Oecophylla smaragdina* que son muy populares en Tailandia y Laos, pero la demanda de los consumidores es mayor que el suministro natural, por lo que éstas han ido disminuyendo pues son más difíciles de encontrar en la naturaleza y cada vez se realizan recorridos más largos para encontrar sitios de anidación. Los factores que influyen en esta situación son el número cada vez mayor de personas que recogen las hormigas y una disminución de la superficie forestal (Van Itterbeeck *et al.*, 2014).

Las situaciones desfavorables anteriormente descritas no son las únicas, pues otro problema que conlleva el recolectar insectos de zonas silvestres es que existe peligro de que los insectos puedan tener un alto nivel de pesticidas (Yen, 2015). Otro caso que afecta a los insectos ocurre en África, donde el cambio climático ha influido en la periodicidad de la aparición de insectos

comestibles debido al inicio poco predecible de la temporada de lluvias y otras actividades meteorológicas (Ayieko *et al.*, 2010).

La recolección silvestre se lleva a cabo debido a que la gente no tiene el conocimiento o la infraestructura para cultivar insectos, por lo que en el caso de emprender o desarrollar la semi-domesticación o el cultivo de insectos comestibles, es preferible la utilización de especies locales con sistemas de baja tecnología y de bajo costo (Yen, 2015).

Poco se sabe sobre la manera de aprovechar el potencial de los insectos forestales como cultivo (Vantomme, 2010), por ejemplo Yen (2015) analiza la lista global de insectos comestibles conocidas según Jongema (2014) y los resultados indican que la gran mayoría, un 92% de las especies de insectos comestibles que se conocen, son cosechadas de manera silvestre, 6% son semi-domesticadas y sólo el 2% se cultivan.

La falta de información científica sobre los insectos comestibles en torno a la biología y ecología de las especies objetivo, hace difícil el desarrollo de procedimientos de recolección silvestre sostenible. Los protocolos de cosecha y de gestión exigen la identificación adecuada, información de distribución, evaluación y seguimiento de la especie objetivo, impactos de cosecha y de las tecnologías de captación e intensidades en que deberían realizarse. Si ya es conocida la biología acerca de los requisitos de hábitat de las especies objetivo, la viabilidad del aumento de los hábitats puede ser explorada (Yen, 2015).

De acuerdo a lo anterior, se planeó como objetivo evaluar el establecimiento larvario de *C. redtenbacheri* en plantas de *A. salmiana* con larvas inmaduras provenientes del rizoma de plantas de maguey y de masas de huevos, considerando que una vez que se lograra a partir de larvas la inducción a la pupación, emergencia de adultos y oviposición descritos en el capítulo I, habría la necesidad de que las larvas continuaran su desarrollo en su hospedero natural, ya que hasta el momento no existe alguna dieta con la cual se logre un desarrollo exitoso pues se considera que los elementos críticos para la cría incluyen un mayor conocimiento de la biología, de las condiciones ambientales y la formulación artificial de la dieta (Wang *et al.*, 2004; Schneider, 2009).

## 2.2. Materiales y Métodos

### 2.2.1. Establecimiento de agaves en vivero

Se establecieron 20 plantas de *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck en macetas de 30 cm de profundidad que contenían suelo franco, en un vivero cubierto con malla sombra ubicado en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México. Se aplicó riego una vez por semana durante tres semanas para apoyar el establecimiento de las plantas que funcionarían como hospederos naturales para la infestación con larvas de *C. redtenbacheri* que posteriormente serían colocadas en éstas. Las macetas fueron situadas sobre mesas a 1.10 m de altura para mantenerlas alejadas de depredadores (Figura 2.1).

### 2.2.2. Larvas obtenidas de agaves de campo

Larvas inmaduras de *C. redtenbacheri* con un peso <0.30 g. se extrajeron del rizoma de plantas de *A. salmiana* (LRA) de aproximadamente tres años de edad, procedentes de Teotihuacán, Estado de México, en las coordenadas 19°42'01.0"N 98°55'45.0"W, que se eligieron por presentar algunas de las pencas de color amarillo pálido en el ápice, síntoma de infestación por *C. redtenbacheri*.

Para extraer las larvas del rizoma, los agaves se transportaron al Laboratorio de Fisiología de Insectos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo en el Estado de México. El rizoma de los agaves fue seccionado con la ayuda de un hacha y una vez que se localizaban los individuos, que por sus hábitos gregarios se encontraban en grupos, se extraían con ayuda de una pinza entomológica (Figura 2.2), se seleccionaban aquellos que contaban con el peso requerido y se mantenían en grupos de 50 individuos por celda en bandejas para cría Rearing Tray - 32 cells Clear, 120/Case PETGProduct# RT32C ® de medidas 17 1/4" L x 8 1/4" W x 1" H con dieta artificial Southland Products Inc. 870-265-3747 tipo CORN EARWORM®, cubiertas con película Bio-Assay Tray Lid- 4 cellsClear P.E. film on P.E. liner, pressure sensitive adhesive100/PackProduct# RTCV4 ®, las cuales fueron mantenidas en el laboratorio.



Figura 2.1. Macetas con plantas de *Agave salmiana* sobre mesas de 1.10 m de altura, mantenidas en vivero.



Figura 2.2. Rizoma de *Agave salmiana* de donde se extrajeron las larvas de *Comadia redtenbacheri*.

### 2.2.3. Larvas obtenidas de crías de laboratorio

Las larvas de *C. redtenbacheri* de primer instar se obtuvieron de masas de huevos (LMH) depositados por adultos de una cría mantenida en el laboratorio de Fisiología de Insectos (Figura 2.3). Después de la eclosión, las larvas se confinaron en cajas Petri y fueron alimentadas con la dieta antes mencionada en donde se mantuvieron hasta la infestación de los agaves.

### 2.2.4. Infestación de los agaves

Se infestaron 15 plantas de *A. salmiana* con larvas de *C. redtenbacheri*, para LMH del 25 de julio al 14 de agosto de 2014 y solo cinco plantas para LRA del 17 de junio al 11 de julio de 2014, ya que la emergencia de adultos de la cría de laboratorio fue baja. Las larvas fueron colocadas con la ayuda de un pincel en la base de una de las hojas de cada maguey que presentara marchitez (Figura 2.4 y 2.5), ya que en campo fue observado que ahí es donde las hembras ovipositan las masas de huevos. Para ambos tratamientos se estableció un arreglo totalmente al azar con una planta como unidad experimental y una concentración de 50 individuos.

Durante el periodo de lluvias las macetas se cubrieron con plástico transparente para protegerlas del exceso de humedad.

### 2.2.5. Evaluación de agaves infestados

Para evaluar el establecimiento y peso de las larvas de *C. redtenbacheri*, ocho meses después de la infestación se sacaron los agaves de las macetas y se extrajeron las larvas del rizoma de estos mediante disección (Figura 2.6), considerando que las larvas establecidas exitosamente habrían terminado su periodo de desarrollo que dura cinco meses en invernadero y ocho en campo (Llenderal-Cázares *et al.*, 2007).

El análisis de las variable respuesta larvas establecidas se realizó mediante la prueba de T de Student (PROC GLM), con un valor de  $\alpha$  de 0.05, con el paquete estadístico The SAS System for Windows 9.00 (SAS Institute, 2002).

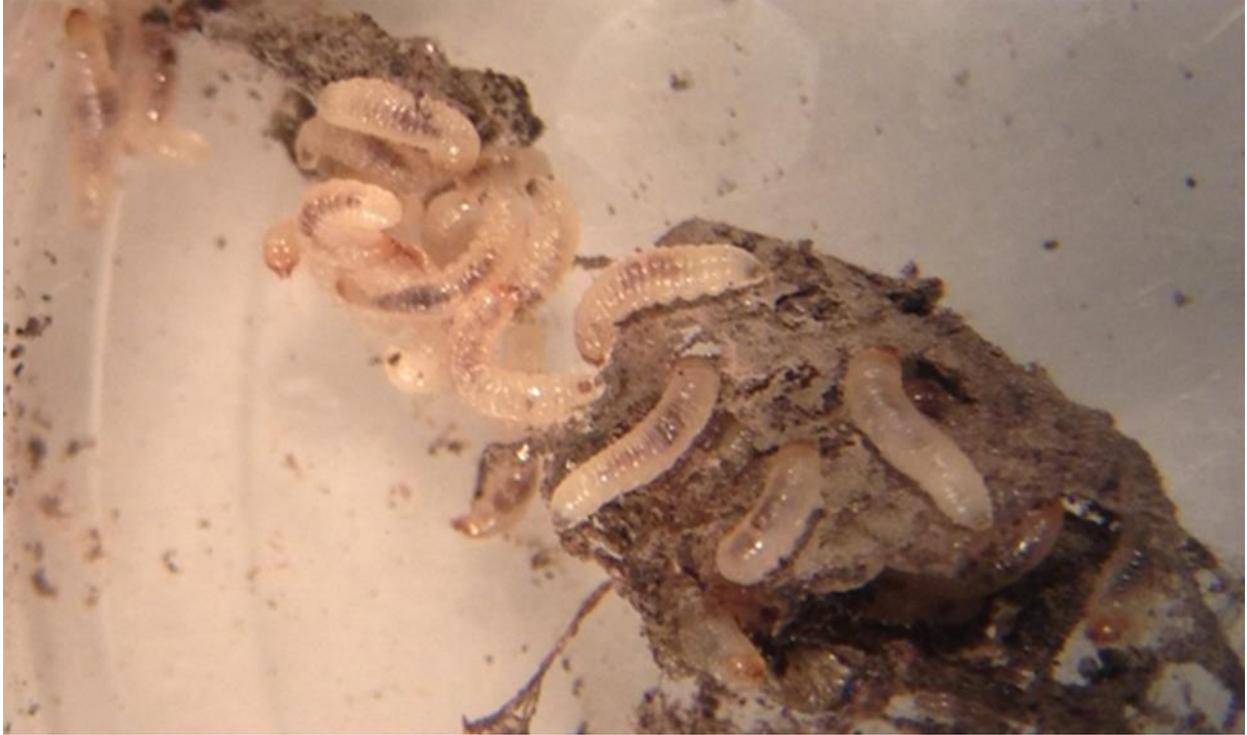


Figura 2.3. Larvas de *Comadia redtenbacheri* provenientes de masas de huevos de adultos criados en laboratorio.



Figura 2.4. Infestación de *Agave salmiana* con larvas de *Comadia redtenbacheri*.



Figura 2.5. Larvas de *Comadia redtenbacheri* colocadas en la base de una hoja de *Agave salmiana* para provocar la infestación.



Figura 2.6. Disección del rizoma de *Agave salmiana* para evaluar el establecimiento de larvas.

## 2.3. Resultados y Discusión

### 2.3.1. Evaluación de agaves infestados

Las larvas de *C. redtenbacheri* lograron establecerse. No se encontraron diferencias estadísticas para la variable número de larvas establecidas entre los tratamientos LRA y LMH ( $P=0.325$ ). Para el tratamiento LRA, de los 15 agaves utilizados en la experimentación, nueve fueron colonizados por las larvas de *C. redtenbacheri*, lo que representa un 60% de agaves infestados, con un promedio de establecimiento del 29.4 larvas, mientras que para LMH solo dos de los cinco agaves utilizados fueron colonizados, es decir un 40% con un promedio de establecimiento de 39.5 larvas. Llanderal-Cázares *et al.* (2010) en un estudio de establecimiento de larvas de *C. redtenbacheri* en plantas de agave en invernadero con diferentes densidades y frecuencia de riego reportan que la infestación absoluta estimada varió de tres a ocho individuos por planta, menor que el establecimiento logrado en este estudio.

Del total de las larvas establecidas en ambos tratamientos LRA y LMH se obtuvo un peso promedio de 0.108 g por larva. Sin embargo el desarrollo de las larvas no fue homogéneo, ya que se encontró que 78.3% registró un peso menor al promedio y el resto 21.7% tuvo un peso mayor. La variación en el peso de las larvas concuerda con Nolasco *et al.* (2002), quienes en un estudio realizado a la intemperie donde se indujo a pupación y colonización de *C. redtenbacheri*, obtuvieron larvas con desarrollo dispar que oscilaban en peso de 0.44 g y 0.018 g. Camacho *et al.* (2003) en un estudio de la biología de gusano rojo del maguey, mencionan que en colectas que realizaban en campo en diferentes épocas del año localizaban larvas de varios tamaños incluso en una misma planta. El crecimiento y desarrollo en los insectos puede detenerse en cualquier estado de su ciclo biológico, debido a variadas condiciones adversas de bajas temperaturas, sequía, inanición, falta de vitaminas u otras sustancias esenciales (Chapman, 1982) y en el caso de este estudio podrían haber influido las características del hospedero tales como tamaño del rizoma y estado nutricional del hospedero, por lo que es necesario tomar en cuenta otras características además de la altura y la edad de los agaves que se utilicen para ser infestados.

Llanderal-Cázares *et al.* (2010) reportan que para la densidad 50 larvas obtuvieron un peso promedio de 0.933 g por larva para la frecuencia de riego semanal y 0.352 g con riego cada

tercera semana, en ambos casos el peso obtenido en las condiciones dadas en esta experimentación resulta menor.

#### **2.4. Conclusiones**

Las larvas de un peso < 0.30 g provenientes del rizoma de agaves y de masas de huevos, logran establecerse en plantas de agave si son provocadas a hacerlo mediante infestación inducida. Si se obtuvieran masas de huevos en una primera etapa de un sistema de producción de gusano rojo del maguey, las larvas neonatas podrían continuar su desarrollo en su hospedero natural mantenido en vivero, aunque debido al desarrollo heterogéneo que mostraron las larvas se recomienda continuar con la experimentación en el establecimiento larvario del gusano rojo del maguey, puesto que esta característica podría ser una dificultad al momento de la cosecha.

#### **2.5. Literatura Citada**

- Ayieko, M.A., M.F. O Ndongá, y A.Tamale. 2010. Climate change and the abundance of edible insects in the Lake Victoria Region. *Journal of Cell and Animal Biology* 4: 112-118.
- 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). *Entomol. Mexicana* 2: 281-287.
- Chapman, R., 1982: *The Insects Structure and Function*. Third Edition. Hodder and Stoughton Ltd. 919 p.
- Durst, P. B., y K. Shono (2010). Edible forest insects: exploring new horizons and 504 traditional practices. In: *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and 505 their potential for development: Forest Insects as Hood: humans Bite Back*, pp. 1-4.
- Jongema, Y., 2014. *List of Edible Insects of the World*. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. (s.f.) Recuperado el 2 de enero de 2015 de <http://tinyurl.com/mestm6p>.
- Kalisch, J.A. y F.P. Baxendale. 2010. *Insects borers of shade trees and woody ornamentals*. EC1518. Univ. of Nebr., Coop. Extension. 8p.
- Llanderal-Cázares C., R. Nieto-Hernández, I. Almanza-Valenzuela y C. Ortega-Álvarez. 2007. *Biología y comportamiento de Comadia Redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae). *Entomol. Mexicana* 6: 252-255.

- Llanderal-Cázares C., H. M. De los Santos-Posadas, E. I. Almanza-Valenzuela, R. Nieto-Hernández y C. Castillejos-Cruz. 2010. Establecimiento de larvas de *Comadia redtenbacheri* Hamm. en plantas de maguey en invernadero. Acta Zool. Mexicana (n. s.) 26: 25-31.
- Muafur F.J., P. Levang, T.E. Angwafo y P. Le Gall. 2012. Making a living with forest insects: beetles as an income source in Southwest Cameroon. International Forestry Review 14: 314-325.
- Nolasco M. A., J. E. Jiménez-Luna. y Camacho A. D. 2002. Inducción a la pupación y colonización del gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae). Entomol. Mexicana 1: 125-130.
- Potter, M.F. y D.A. Potter. 2008. Insect Borers of Trees and Shrubs. University of Kentucky College of Agriculture 5 p.
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release 6.2.9200. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Schneider, J.C. (Ed). 2009. Principles and Procedures for Rearing High Quality Insects. USA, Mississippi State University. 370 p.
- Wang, D., Y.T. Bai, J.H. Li y C.X. Zhang 2004. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). J. Entomol. Sinica 11: 275–283.
- Vantomme, P. 2010. Los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que suele pasar por alto. Unasylva 61: 19-21.
- van Huis, A., J. Itterbeeck Van., H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir y P. Vantomme. 2013. Edible Insects - Future Prospects for Food and Feed Security. FAO Forestry Paper. Roma. 171 p.
- Van Itterbeeck J, N. Sivongxay, B. Praxaysombath y A. van Huis. 2014. Indigenous knowledge of the edible weaver ant *Oecophylla smaragdina* Fabricius Hymenoptera: Formicidae from the Vientiane Plain, Lao PDR. Ethnobiology Letters 5: 4-12.

Yen, A. L. 2015. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 33-55.

### **CONCLUSIONES GENERALES**

En este estudio se presentan las condiciones necesarias que pueden ser replicadas para la creación de un sistema de producción del gusano rojo del maguey y de esta manera contribuir en la disminución de la práctica de recolección de las larvas de esta especie en áreas silvestres. Se puede lograr la pupación, emergencia y oviposición de *C. redtenbacheri* en confinamiento en macetas con plantas de *A. salmiana*, mediante un procedimiento que comience con la inducción de larvas maduras a la pupación y que permita la emergencia de adultos, su apareamiento y la oviposición, para culminar con la eclosión y establecimiento de las larvas por sí mismas en plantas de agave disponibles en un área delimitada y protegida, determinada para tal fin. Es posible también que las larvas de un peso  $< 0.30$  g obtenidas de rizoma y de masas de huevos logren establecerse en el rizoma de plantas de agave si son inducidas a hacerlo. Si se obtuvieran masas de huevos en eclosión en una primera etapa de un sistema de producción del gusano rojo del maguey, las larvas podrían continuar su desarrollo en su hospedero natural mantenido en vivero.