



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

*FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN*

**CONTRIBUCIONES AL ESTUDIO DEL GUSANO ROJO
DEL MAGUEY *Comadia redtenbacheri* Hamm
(Lepidóptera: Cossidae).**

TRABAJO PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

**P R E S E N T A:
ALEJANDRO NOLASCO MIGUEL**

ASESORA: DRA. ROSA NAVARRETE MAYA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres: Con todo el afecto y admiración.

Por darme en todo momento su apoyo y comprensión y que sepan que, aunque casi nunca estoy con ellos físicamente, siempre los llevo en mi corazón.

A mis hijos: Con gran amor.

Por ser lo mejor de mi vida, porque con su alegría y ternura animan e iluminan día a día mi existencia.

A mis compañeros y amigo. Con cariño.

Por su amistad incondicional, apoyo y disposición al trabajo en equipo.

Agradezco a todas aquellas personas que directa o indirectamente intervinieron en el desarrollo del trabajo.

A mi esposa: Con amor.

Por darme lo mejor de su vida, por ser fuente inagotable de apoyo y comprensión y por darme la oportunidad de permanecer a su lado a pesar de todas las adversidades.

A mis hermanos: Con todo cariño.

Por la fraternidad que en todo momento demuestran en las buenas y en las malas.

A la Dra. Rosa Navarrete Maya.

Por su incansable atención recibida durante su valiosa asesoría. Gracias por su profesionalismo y dedicación.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1.OBJETIVOS	5
2. ANTECEDENTES	6
2.1.LOS INSECTOS COMESTIBLES	6
2.2.EL GUSANO ROJO DEL MAGUEY (GRM)	6
2.2.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	6
2.2.2. GENERALIDADES	7
2.2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	11
2.2.4. ENEMIGOS NATURALES	12
2.3. EL MAGUEY	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. IMPORTANCIA	18
5. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL	19
5.1. HISTORIAL	19
5.2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS	20
5.3. APORTES Y LOGROS DEL PROCESO DE INDUCCIÓN A PUPACIÓN DEL GRM Y DESCRIPCIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO	27
5.3.1. GENERALIDADES DEL CICLO DE VIDA	27
5.3.2. FASES METAMÓRFICAS, ECOLOGIA Y COMPORTAMIENTO	29
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	39
7. RECOMENDACIONES	46
7.1. LUGAR DE PLANTACIÓN Y SIEMBRA	46
7.2. PIE DE CRÍA	46
7.3. COLECTA Y MANEJO DEL PIE DE CRÍA	47
7.4. INDUCCIÓN A PUPACIÓN	48
7.4.1. SISTEMA EXTENSIVO	48
7.4.2. SISTEMA INTENSIVO	51
8. CONCLUSIONES	56
9. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Relación entre el estadio y la anchura de cápsula cefálica	31
Cuadro 2. Costos generales por UPR para el año 01 con 10 compartimientos de pupación	50
Cuadro 3. Depredadores de <i>Comadia redtenbacheri</i> en sus distintas fases de vida	51
Cuadro 4. Cuadro comparativo del sistema intensivo y extensivo de producción de palomilla de GRM	55

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Cabeza de la larva de <i>Comadia redtenbacheri</i> , mostrando la carencia de ojos	8
Figura 2. Modelo del ciclo de vida	27
Figura 3. Período de emergencia de los insectos asociados al maguey según Manzano (1989)	28
Figura 4. Modificación a la gráfica de Manzano del período de emergencia del GRM para la región de Hueyoptla	28
Figura 5. Tamaño del huevo de <i>Comadia redtenbacheri</i>	29
Figura 6. Masa de huevecillos aglutinados por la sustancia mucilaginosa con que son ovipositados y que les da su coloración	29
Figura 7. Color natural de los huevecillos de <i>Comadia redtenbacheri</i>	29
Figura 8. Larva madura de <i>Comadia redtenbacheri</i>	30
Figura 9. Esquema de la larva de <i>Comadia redtenbacheri</i>	30
Figura 10. Cabeza de larva de <i>Comadia redtenbacheri</i>	30
Figura 11. Galerías hechas por larvas de <i>Comadia redtenbacheri</i>	31
Figura 12. Capullo y pupa de <i>Comadia redtenbacheri</i>	32
Figura 13. Maduración y color de las pupas de <i>Comadia redtenbacheri</i>	33
Figuras 14 y 15. Determinación del sexo de las pupas de <i>Comadia redtenbacheri</i>	33
Figura 16. Diferentes perspectivas esquemáticas de las pupas de <i>Comadia redtenbacheri</i>	33
Figura 17. Ilustración que muestra la manera en que son inducidas las larvas a pupación	34
Figura 18. Ilustración que muestra la exhubia pupal dejada al liberarse el adulto	35
Figura 19. Fases de emergencia del adulto	35

Figura 20. Macho de <i>Comadia redtenbacheri</i>	36
Figura 21. Hembra de <i>Comadia redtenbacheri</i>	36
Figura 22. Hembra de <i>Comadia redtenbacheri</i> con ovipositor	37
Figura 23. Acercamiento del ovipositor	37
Figura 24. Apareamiento de las palomillas de <i>Comadia redtenbacheri</i>	38
Figura 25. Hembra de <i>Comadia redtenbacheri</i> ovipositando: proceso que indica su agonía	38
Figura 26. Vista aérea del cajón de pupación	48
Figura 27. Profundidad a la que se recomienda enterrar la caja de pupación	49
Figura 28. Distribución de sustratos y niveles para la caja de pupación	49
Figura 29. Dimensiones mínimas recomendadas del cuarto de cría	53

1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo es una compilación de experiencias adquiridas durante más de diez años de actividades con gusano rojo del maguey (GRM), *Comadia redtenbacheri* Hamm (Lepidóptera: Cossidae). Los trabajos se desarrollaron en ocasiones de manera discontinua: debido a las eventualidades que se presentan en la naturaleza y en las instituciones gubernamentales, como son las escuelas, pero que busca proporcionar información que lleve al manejo racional y explotación controlada del GRM, aprovechando las limitantes medioambientales, especialmente de las zonas áridas y semiáridas del país y al mismo tiempo un documento para mi titulación por trabajo profesional.

No existen antecedentes de una cría formal ni controlada del gusano rojo del maguey, habitualmente su explotación se reduce a la recolecta indiscriminada en donde el hospedero (maguey pulquero *Agave spp.*), se ve seriamente afectado, debido a que al ser arrancado para extraerle el gusano, es abandonado y muere poco tiempo después.

Es importante profundizar en el conocimiento de ésta especie y los fundamentos que permitan sentar las bases para controlar el ciclo de vida del insecto, junto con un manejo racional del hospedero.

Debido a que el insecto es considerado una plaga, podría pensarse que se pretende contribuir en la extinción de la planta del maguey, siendo totalmente lo contrario, ya que de allí mismo surge la idea (la asociación gusano-planta), es decir, al promover la cría del GRM, con los beneficios económicos directos e inmediatos para productores de regiones marginales, ayudaría a retomar el interés perdido en el cultivo del maguey. No deben esperar de 8 a 9 años promedio para iniciar la explotación tradicional del maguey, sino hacer un uso intensivo de suelo y planta. En dicho sistema las plantas sobrevivientes pueden continuar su ciclo de vida y las dañadas o muertas pueden ser sustituidas por otras nuevas, abriendo un círculo virtuoso donde la propagación del maguey es parte del proceso y que puede plantearse desde diversos sistemas incluyendo el de micropropagación, por citar un ejemplo.

El hecho de que el gusano rojo prefiere las plantas de maguey pequeñas y débiles posibilita el planteamiento de la generación de unidades de producción rural (UPR), con altas densidades de maguey y gusano, en suelos no aptos para la agricultura, que mantengan sistemáticamente debilitadas a las plantas y por lo tanto atractivas para el insecto; además, del manejo racional de sus repesores, que puede permitir una cría intensiva de gusano alimentado de forma natural y libre de contaminantes químicos, es decir, orgánicos y de alta calidad.

Finalmente, es fundamental establecer una metodología que permita al productor de las zonas semiáridas marginales aplicar técnicas de cría con un mínimo de capacitación y costo, que pueda posibilitar la mejora en su calidad de vida y así mismo, hacer un uso racional de sus recursos.

1.1. OBJETIVOS

GENERAL:

- Contribuir al conocimiento del ciclo biológico del gusano rojo del maguey, adquirido de mi experiencia en el área profesional, que apoye a plantear las bases de su potencial explotación sustentable.

PARTICULARES:

- Compartir las experiencias profesionales desempeñadas en el Centro de Bachillerato Tecnológico Dr. Efraín Hernández Xolocotzi de Hueyoptla, México.
- Plantear y profundizar en mis aportaciones personales que han permitido el conocimiento y estudio del GRM con miras a una cría intensiva.
- Proponer las metodologías que permitan el potencial manejo intensivo y extensivo del GRM a partir del estado larvario, inducir y controlar su pupación, y finalmente liberar la palomilla con fines de recolonización de magueyeras en que tradicionalmente se encontraba la asociación gusano-maguey como lo es el municipio de Hueyoptla Estado de México.

2. ANTECEDENTES.

2.1. LOS INSECTOS COMESTIBLES.

Los insectos son el grupo animal dominante sobre la tierra; ellos han colonizado todos los hábitats, su potencial reproductivo es enorme y además poseen un valor nutritivo muy elevado, de esta manera se pueden encontrar asociados a muchos otros organismos tanto animales como vegetales (Ramos, 1982).

La entomofagia (consumo de insectos) en nuestro país es una práctica que se remonta a la época prehispánica. Esto se documenta en el Códice Florentino, escrito por Fray Bernardino de Sahagún, en donde se describen 96 especies de insectos comestibles, las cuales aún se consumen. Hoy día se han contabilizado 504 especies de insectos comestibles en la República Mexicana, y eso que sólo se han explorado parte de los estados del centro, sur y sureste del país. Chinchas, pulgones, libélulas, gusanos de maguey, escarabajos, hormigas, abejas, chapulines, jumiles... en fin, la lista es tan grande como el número de personas que los rechazan para comerlos sin haberlos probado... (Aguilar, 2006).

Existe una gran variedad de insectos que viven asociados a las plantas de maguey, alimentándose de ellas y constituyendo, en la mayoría de los casos plagas de importancia. Sin embargo, algunos de estos insectos son recolectados y usados como alimento por los habitantes de las zonas magueyeras. Tal es el caso del gusano blanco del maguey *Acentrocneme hesperiaris* Walk, y el gusano rojo *Comadia redtenbacheri* Hamm (Lepidoptera: Cossidae); ambos son apreciados por la gente de campo para su consumo local e incluso se comercializan a precios elevados (Granados, 1993).

2.2. EL GUSANO ROJO DEL MAGUEY (GRM).

2.2.1. RESEÑA HISTÓRICA.

Se han realizado algunos estudios del ciclo biológico de los insectos asociados al maguey entre los que se encuentran:

Blázquez (1870), describió los ciclos de vida y hábitos de los insectos del maguey.

Dampf (1923 y 1924), elaboró un estudio morfológico desde el punto de vista filogenético.

En 1927 el Dr. Alfonso Dampf, entonces Jefe de la Sección de Investigaciones y Combate de las plagas de la Defensa Agrícola, publicó el trabajo "Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypoptya agavis* Blázquez, *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera: Cossidae), plaga de los magueyes en la Mesa Central de México"; donde se muestran a detalle algunas de las características morfológicas importantes, así como algunos aspectos de su biología y algunas sugerencias para su control.

Para el año de 1931, Leopoldo Ancona, del Instituto de Biología publica en los Anales: "Los chilocuiles o gusanitos de la Sal de Oaxaca" en el cual hace una descripción de tipo morfológica y anatómica, con datos de su biología así como la forma de la preparación para su consumo.

Macedo (1950) mencionó parte del ciclo de vida y comportamiento de esta larva.

Otros trabajos de tesis profesional, Pérez Serrato (1980) y Pineda Meléndez (1983) están relacionados con fitosanidad y control químico de plagas del maguey.

Chen y Osorno (1981 y 1984) efectuaron un estudio sobre la biología del gusano blanco *Acentrocne me hesperiaris* y la cría artificial por medio de la elaboración de cuatro dietas artificiales, de las que determinaron la más adecuada.

Manzano (1989), realizó un estudio etnobiológico del gusano rojo en el municipio de Apan, Hidalgo.

Granados, (1993) realizó una descripción detallada del ciclo de vida y comportamiento del gusano rojo.

Llenderal y López (1994), elaboraron una dieta artificial para la cría del gusano blanco del maguey *Acentrocne me hesperiaris*.

Hernández-Livera, et al (2005), determinaron siete instares larvales del GRM como criterio de selección de larvas para pie de cría o para su comercialización.

2.2.2. GENERALIDADES.

Desde la época prehispánica, la colonia y la revolución, el maguey representó una actividad económica importante de zonas como Hidalgo (Ruvalcaba, 1983). Por lo que todo gusano que ataca al maguey se le consideró, y se le sigue considerando como plaga en diversas regiones debido al

efecto provocado por los barrenadores (como el GRM), que causa la mancha roja foliar (Martínez, 1988). Pineda (1983), reporta para el GRM: “La distribución de la plaga abarca toda el área de la región magueyera, principalmente en plantaciones de viveros y en plantaciones pequeñas mal cuidadas, con abundante maleza, localizados en los cerros de Hidalgo, Tlaxcala, México, Puebla, Querétaro y Oaxaca”.

Del náhuatl: Chil-ocuilin, chichitlic: colorado y ocuilin: gusano. Estas larvas son conocidas por la variedad de nombres comunes que les dan en las diferentes regiones del país, tales como “recol”, “tecol”, “chilicul”, “chilocuili”, gusano colorado del maguey, gusanito de sal, gusano rosado del maguey. (Ramos y Pino 1989). Aunque en la región de Hueyoptla y sus alrededores se le conoce como “chinicuil” o “chinincuil”.

El GRM es muy común en la Altiplanicie Mexicana; ataca especialmente a las especies de maguey pulquero, causándoles grandes perjuicios. Cuando llega a su etapa larval, es de color rojo en la parte superior de su cuerpo y amarillento en la inferior; la cabeza y demás partes esclerosadas son de color pardo oscuro; miden de cuatro a cinco centímetros de longitud por medio centímetro de diámetro; su abdomen se compone de doce segmentos, tiene un pequeño cuerno en el último segmento; este gusano despide un olor penetrante muy particular y carece de ojos (Fig. 1). El adulto es una palomilla de color pardo oscuro en la parte superior y cenizo por abajo; el protórax es más oscuro que el resto del cuerpo; éste es robusto y de forma cilíndrica y sus alas son cortas en relación al cuerpo (Macedo, 1950).



Figura 1. Cabeza de la larva de *Comadia redtenbacheri*, mostrando la carencia de ojos

Según Varela (1965), la palomilla fecundada de *C. redtenbacheri*, oviposita de 70 a 80 huevecillos en grupos de 5 o 12 en la parte inferior de las pencas de plantas jóvenes, cubriendo las masas de huevecillos con una sustancia mucilaginosa de color negro. En los meses de febrero a mayo, el huevecillo eclosiona al cabo de diez o doce días después de la oviposición y de él emerge una larva, con un ligero tinte rosado, que luego se introduce en la base de la penca y conforme va creciendo, emigra hacia el interior del tallo, forma galerías en las cuales vive cinco meses aproximadamente. Este insecto sufre varias mudas durante el tiempo que permanece en el maguey, cuando la larva alcanza su desarrollo completo en los meses de julio y agosto, mide hasta 4 cm de largo y 5 mm de

diámetro, aproximadamente, este gusano despide un olor penetrante muy particular y carece de ojos, su color es rojo en la parte superior y amarillo en la parte inferior, la cabeza y las demás partes del cuerpo adquieren un color pardo oscuro; las mandíbulas son casi negras.

Las larvas salen del maguey cuando hay mucha lluvia y en el invierno emigran al suelo en donde construyen su capullo secretando hilos resistentes; los cuales se impregnan de partículas de arena. Los capullos permanecen adheridos a las raíces superficiales mediante una estrecha prolongación y al momento de convertirse en pupa, experimenta otra muda, este proceso lo realizan aproximadamente 17 días después de haberse cubierto en su capullo. Las pupas son desnudas (obtectas), de color amarillo pajizo brillante. (Varela, 1965). Para facilitar el desprendimiento y la salida, la pupa efectúa contracciones de abdomen, la emergencia del adulto, se realiza en las primeras horas de la noche y después de dos o tres horas, empiezan a volar para realizar la cópula, la duración del estado pupal es de 40 días aproximadamente, Ancona (1931), informa de un tiempo similar para el desarrollo pupal.

Como larva se desarrolla en el tronco y raíz de las plantas de aproximadamente 2 años de edad, en magueyes chicos o en los hijuelos de las plantas madre. El ataque de esta plaga hace que se petrifique el tallo y las pencas toman una coloración amarillenta a rojiza; para localizarlos se ubican las plantas marchitas, después hay que ladear el maguey para conseguir estos gusanos y en ocasiones se espera a que estos abandonen el maguey en el momento en que empieza a llover, pues este insecto tiene el hábito de abandonar las plantas cuando se presentan las lluvias, entre los meses de julio y septiembre haciendo relativamente fácil su recolección; y se recolectan de agosto a octubre (se localizan de 15 a 30 gusanos por maguey).

Ignacio Blázquez en el año de 1870, publica con el nombre de *Bombyx agavis*. los siguientes datos: “La postura se verifica en los meses de abril y mayo en las raíces y tallo del maguey, prefiriendo las variedades de la planta conocidas con el nombre de “Chichilmetl”, “Cimarrón” y “Cozmetl”. Los 40 o 50 huevos son puestos en grupos de 5 a 6 y pegados a su lugar con una sustancia gomosa, miden 0.5 mm de diámetro y 1 mm de altura, tienen una superficie áspera y un color ocre oscuro. A los diez o doce días nace la oruga para barrenar inmediatamente la planta. En los meses de julio y agosto se encuentra ya la oruga desarrollada en las partes subterráneas del maguey, y vive en pequeños grupos, perjudicando considerablemente la planta. En este estado adquiere un color rojo

y tiene un tamaño de 4 centímetros de largo, despidiendo un olor fuerte. Pasada la época de lluvias y empezando el invierno, abandonan simultáneamente la planta para enterrarse y formar un capullo, en donde pasan la época del frío”. Según el mismo Blázquez (1870), pueden vivir sin alimento hasta 11 meses, sin daño alguno, además de que observó el canibalismo entre los gusanos. En febrero las larvas empiezan a cambiar su color rojo claro por el de amarillo pálido y se transforman en crisálida en los meses de marzo y abril, para convertirse en mariposa al cabo de un mes, lo que sucede siempre durante las primeras horas de la noche. El insecto vuela únicamente de noche (Dampf, 1927).

Los GRM son comestibles y ocasionalmente se les utiliza como condimento para diferentes guisos y salsas, también se preparan con sal y se acompañan con bebidas como el mezcal, al que le imprime un sabor especial (Granados, 1993).

“En temporada la gente que los vende llega a tener hasta 40 000 gusanitos para vender, por lo general se venden en collares de 100 gusanitos; esto se da en septiembre y octubre, aunque se encuentran desde mayo hasta noviembre, e inclusive asados se pueden conservar por 3 años” (Ramos y Pino, 1989). Sin embargo, es conveniente aclarar que la época de aparición para la gente de campo varía dependiendo de las condiciones climáticas y ecológicas de la región, apareciendo más tempranamente en las zonas cálido-húmedas (Alvarado y Escamilla, 1982)

Diversas fuentes informan del alto valor nutritivo de este insecto con niveles del 32.2 % de proteína de alta calidad y 56.82 % de grasas, además, de otra serie de nutrientes importantes como la vitamina C 17.58 mg., tiamina 0.31 mg. y niacina 1.83 por cada 100 g y minerales (Ramos-Elorduy y Pino 1981; Ramos-Elorduy 1982; Granados, 1993). Lo anterior nos permite considerar al GRM como un buen alimento, sobre todo para los habitantes de zonas donde el bajo poder adquisitivo limita el consumo de carne.

El porcentaje de digestibilidad permite conocer el aprovechamiento real de las proteínas de los insectos. Un alimento cuya digestibilidad está arriba del 60%, se considera un “concentrado proteínico”. Su elevada digestibilidad es debida al balance de las cantidades de aminoácidos esenciales que poseen y a la baja cantidad de fibra cruda que albergan. (Granados, 1993). Otros

estudios reportan los siguientes datos: proteínas totales de 67.30%, proteína digestible 62.20% y digestibilidad proteínica del 92.42% (Vergara, 1999).

Como alimento es apreciado por algunos consumidores nacionales y extranjeros, quienes llegan a pagar alrededor de 40 US Dlls por un platillo de gusano rojo (Conconi, 1993, citado por Hernández, et al, 2005).

El consumo de este insecto está adquiriendo cada año mayor importancia en otros países como Japón, Estados Unidos, algunos países de Europa y Asia gracias a la industria mezcalera por ejemplo, el mercado chino solicita que esta bebida tenga 20 gusanos por botella (Encabo, 2000, citado por Hernández et al, 2005). En nuestro país, especialmente en los estados del centro su demanda es tal, que sus precios para el año 2007, se encuentran en los mercados locales por encima de 14 pesos la docena y poco más de mil pesos el litro o cuartillo (datos obtenidos del tianguis local de Santa María Ajoloapan en Hueyboxtla, Estado de México).

2.2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

Como ya se mencionó anteriormente, la palomilla fue descrita por primera vez por el mexicano Ignacio Blázquez en 1870 con el nombre de *Bombyx agavis*. Sin saber lo anterior, en 1910 el Dr. Dyar, dio el nombre de *Hypopta chilodora*.,. Dyar aclaró la posición sistemática del lepidóptero citado, que es una palomilla de la familia de los “Cóssidos”, conocidos como gusanos barrenadores del tallo de diferentes plantas. Otras sinonimias encontradas en la literatura son: *Hypopta redtenbachi* Hamm, *Cossus redtenbachi* Hamm y *Cossus redtenbacheri* Hamm. Algunas publicaciones recientes (Ramos-Elorduy y Pino, 2002) citan a la especie como *Xyleutes redtenbacheri* que es probablemente otra sinonimia. Sin embargo la descripción de *Comadia redtenbacheri* por Hamm. en 1847 es la más antigua y reconocida por la *Nomina Neartica*.

La clasificación actual es:

Clase:	Insecta
Subclase:	Pterygota
División:	Endopterygota
Orden:	Lepidoptera
Suborden:	Ditrysia
Superfamilia:	Cossoidea
Familia:	Cossidae
Subfamilia:	Cossinae
Genero:	<i>Comadia</i>
Especie:	<i>redtenbacheri</i> Hamm. 1847

2.2.4. ENEMIGOS NATURALES DEL GRM.

Existen factores bióticos y abióticos que mantienen el control natural del gusano. Dentro de los factores abióticos se encuentran las variaciones de temperatura y humedad a la que se hallan sometidos a lo largo de su ciclo biológico propios de las zonas semiáridas. Asociados al gusano rojo existen de manera natural diversos organismos que actúan como factores de mortalidad natural biótico y que se consideran como enemigos naturales, entre ellos se reconocen aves, roedores, hongos, bacterias, virus e insectos parásitos (aquéllos que crean repuesta inmunológica del huésped) y parasitoides (aquéllos que no generan respuesta inmunológica del huésped). En el cultivo del GRM es importante aplicar las medidas que permitan reducir el impacto de los enemigos naturales y mejorar el pronóstico para el cultivo del GRM. (Nolasco, et al, 2002).

En relación con enemigos naturales del GRM existe muy poca información, (Sánchez, 2003) informa de niveles de enfermedad y parasitismo de entre el 14 % y el 78 % en larvas. Menciona también a dípteros parasitoides de la familia Tachinidae, en niveles de hasta el 18% como adultos emergiendo de pupas del GRM.

2.3. EL MAGUEY.

Los magueyes (*Agave spp.*), son plantas adaptadas a las condiciones adversas de suelo y clima, para otros cultivos, de las zonas áridas y semiáridas del Altiplano Mexicano, se desarrollan con precipitaciones que van de los 360 a 1 000 mm., en promedio anual, mismas que para otros cultivos resultan limitantes (Granados, 1983).

Los agaves han sido únicos dentro de las plantas del continente Americano, debido a que han jugado un papel especial en las civilizaciones indígenas de Mesoamérica, ya que es muy útil para la conservación y recuperación de suelos; además, se pueden aprovechar desde sus raíces y pencas hasta sus espinas para la obtención de diversos productos como son: alimentos, bebidas, azúcares, dulces, celulosa, papel, alimento para ganado, productos farmacéuticos, saponinas, envolturas, etc. (Ruvalcaba, 1983).

Las cutículas de las hojas de *A. salmiana* o mixiote del Nahuatl, es empleada en el uso culinario como papel de envoltura. El aguamiel, o sea el néctar azucarado de algunas especies de agaves es empleado para elaborar vinagre o mediante una fermentación para la obtención de pulque y éste a su vez en la condimentación de salsas. Con la destilación del pulque se produce alcohol.

La base de las pencas maduras se utiliza como alimento para el ganado. También utilizan las pencas frescas para hacer recipientes donde sirven el pulque o como tapones de las castañas (una especie de recipiente) donde transportan el aguamiel y quizás su principal uso es para hornear la barbacoa.

En México la población de agaves para aguamiel ha bajado considerablemente, de igual forma, el área cultivada presenta una drástica disminución. Algunas especies como el maguey cenizo (*Agave mapisaga*), están subaprovechadas y su cultivo está siendo abandonado (Macedo, 1950).

Actualmente se carece de estadísticas oficiales sobre el estado que guarda la siembra del maguey pulquero ni de la producción de pulque (José y García, 2000), pero podemos inferirlo a través del colapso que se da en la industria del pulque en 1970 en los Estados de México, Hidalgo y Tlaxcala, sufriendo una reducción en la producción de 60%, por problemas en la industrialización agrícola, el cambio en los hábitos de consumo en las bebidas alcohólicas, y el atraso en los procesos de

industrialización, faltas de normas de calidad y la escasa comercialización del pulque. (Barquet, et al, 1976, citado por José y García, 2000).

Por otro lado, tenemos la sobre-explotación del maguey manso (*Agave salmiana*), el cual se encuentra en vías de desaparición en estas regiones, debido a encontrarse en ambientes limitantes; suelos someros, infértiles y secos (García-Mendoza, 1995), la casi nula explotación comercial del pulque por el desprestigio que ese producto tiene en el mercado nacional, la muerte masiva de estas plantas por la comercialización de su cutícula. Esta piel se utiliza en los restaurantes locales para elaborar el mixiote y es robada a los campesinos, incluso mediante el uso de armas de fuego. También del maguey se extraen las pencas para la elaboración de barbacoa, que al explotarse de forma clandestina, se pone en peligro la sobrevivencia de la planta (Amador, 2008).

Aunque el desmixiotado es una práctica ilegal establecida por decreto presidencial desde 1980, donde se prohíbe la comercialización de la cutícula de maguey, no obstante se sigue realizando de manera clandestina y sin beneficio para los productores (José y García, 2000).

Algunas de las medidas implementadas, por varios agricultores, para evitar el saqueo humano de plantaciones de maguey, han sido por ejemplo; el tratar de evitar el robo del mixiote, donde los campesinos han ideado una serie de prácticas como: cortar las puntas de las hojas, perforar con un biello la parte apical de las hojas y raspar la cutícula de las hojas jóvenes (José y García, 2000).

3. JUSTIFICACIÓN.

Debido a que no existen antecedentes de una cría formal ni controlada del GRM, a excepción de la que proponemos en la “Reintroducción del Gusano Rojo del Maguey” (In Vitro: Luz de la ciencia showings on TV, 2006), su explotación se limita a una recolecta indiscriminada en donde el hospedero se ve seriamente afectado, ya que al ser arrancado para extraerle el gusano, el maguey no es replantado, se abre su piña para extraerle hasta el último gusano y con ello su muerte es inminente. Además, no existen parámetros que puedan indicar a la gente cuánto gusano coleccionar, como para poder garantizar su explotación para el siguiente ciclo.

Es por eso que es importante profundizar el conocimiento de esta especie y con ello fijar las bases que permitan manipular y controlar el ciclo de vida del insecto, aunado con un manejo racional del hospedero.

Ya que el insecto es considerado una plaga, desde nuestro ámbito de trabajo, una plaga es considerada como tal cuando existe una aparición masiva de insectos que causan daño a las poblaciones de plantas de interés económico, podría pensarse que al promover la diseminación del GRM se está contribuyendo en la extinción de la planta del maguey.

Todo lo contrario, al iniciar la cría del GRM se pretende ayudar a retomar el interés perdido en su cultivo y generar con ello un círculo virtuoso, tomando en cuenta los planteamientos que todo proyecto debe tener para ser sostenible, para ello se retoman cuatro ideas fundamentales de la agricultura sostenible en los siguientes ámbitos:

- **Ecológicos:** estar concientes de que los recursos naturales no pertenecen a nadie, en especial a nosotros, son prestados y por lo tanto es nuestra obligación cuidar y conservar y en lo posible mejorar para poder entregarlos en buenas condiciones a las generaciones futuras. Nada justifica el acabar con los recursos naturales, ni aún el más alto valor monetario. Definitivamente se debe romper con el paradigma que nos plantea la política neoliberal (desregulación económica y libre mercado), y aceptar los retos de la agricultura sostenible.

- **Social:** Es fácil saber cuantas comunidades existen en la región, cuanta población vive en ellas, cual es su ingreso, la actividad principal, etc.; sin embargo, no es fácil saber que piensa la gente, que quiere, que desea, que potencial posee y que es capaz de hacer; en pocas palabras la participación y consulta a productores será la base para el éxito y punto de partida del presente proyecto.
- **Cultural:** En este punto se debe rescatar los valores inculcados a los ejidatarios por las generaciones anteriores, donde destaca el amor a la tierra, el cuidado del agua, del bosque, del aire, de la naturaleza y del maguey en particular. Estos valores ya están presentes solo nos toca despertarlos y promoverlos.
- **Económico:** Todo lo anterior sería un sueño inalcanzable si no tiene un sustento económico, donde se busque incrementar el nivel de vida del productor agropecuario, es decir no solo aumentar el ingreso, también la educación, la salud, la cultura, etc.

Dicho en otras palabras, la presente memoria de trabajo profesional, como parte de una línea de desarrollo agropecuario en el manejo productivo del sistema maguey-gusano rojo, busca explorar y demostrar nuevas opciones de producción en zonas semiáridas, en donde no se contrapongan los intereses económicos y ecológicos, así como proponer opciones de producción en terrenos de alta marginación teniendo beneficios en diferente sentidos:

- **Ecológico:** Rescate de terrenos abandonados y altamente deteriorados, mediante el establecimiento de viveros con maguey (*Agave spp*) con la finalidad de producción intensiva de gusano rojo (*Comadia redtenbacheri*).
- **Social:** En este tipo de regiones donde las fuentes de proteína son escasas, el cultivo del gusano rojo, es una buena opción para la alimentación humana.

- **Cultural:** Rescate de valores culturales que representaba el cultivo del maguey desde la época prehispánica hasta mediados del presente siglo, y que en la actualidad, por diferentes razones, se han ido perdiendo.

- **Económico:** Aprovechamiento de terrenos no aptos para producción agrícola y pecuaria con posibilidades de alta rentabilidad económica con la producción y comercialización del GRM.

4. IMPORTANCIA.

El maguey (*Agave* spp.) es una planta adaptada a condiciones de suelos pobres y áridos y ha sido utilizada tradicionalmente para obtener bebidas, forraje, fibras y alimento de los insectos asociados al mismo, entre otros múltiples usos, siendo necesario encontrar propuestas que sean atractivas al productor para retomar su cultivo y detener la deforestación de áreas tradicionalmente empleadas en su explotación.

Los magueyes son plantas nativas de Mesoamérica (Granados, 1993) y constituyen una excelente opción para la recuperación de suelos y conservación de humedad sobre todo en un contexto de índices elevados de deforestación y erosión a nivel nacional, el sistema productivo maguey-gusano rojo constituye una opción interesante para la protección y recuperación del suelo en zonas áridas del Altiplano Mexicano.

Estos insectos se distribuyen prácticamente en toda el área magueyera del centro del país, se reportan en 13 estados en altitudes entre los 1800 y 2700 msnm (Ancona, 1931). Sin embargo, la abundancia del chinicuil es cada vez menor, debido en gran parte al descenso drástico de la población del maguey y por su explotación irracional, lo que influye en los altos precios del GRM.

El estudio y conocimiento de la biología del GRM puede permitir sentar las bases de una explotación comercial sustentable y a su vez atraer el interés del productor rural, promoviendo nuevamente el cultivo del maguey con todos los beneficios que conlleva.

5. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

5.1. HISTORIAL.

Egresado de la sexta generación de la Carrera de Ingeniero Agrícola especialidad en Agroecosistemas en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la UNAM, terminada en el año de 1985. Pase dos años empleado en un rancho llamado la “Estancia”, en el Municipio de Zumpango, Estado de México, un rancho dedicado a la producción de hortalizas que abastecían de verdura selecta a una bodega de la Central de Abastos. Este fue mi primer contacto con el trabajo de campo como profesional agrícola.

Fue gracias a unos amigos de mi comunidad que me pusieron en contacto con el director de una escuela hasta entonces desconocida para mí, llamada Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (C.B.T.A.) No. 21, del Municipio de Hueyoxtla, Estado de México.

Llegando en 1987 procedente de un lugar donde se tenía todo para la producción bajo un sistema altamente tecnificado, fue contrastante llegar a una escuela estatal recién creada por iniciativa del comisariado ejidal (a tres años de su fundación) y por lo tanto con todas las carencias del mundo, enclavada en las orillas de la población; y a sólo 30 Km de Zumpango, sin carretera, agua potable ni luz eléctrica, pero eso sí con 24 hectáreas destinadas a la producción agrícola, pero con la desventaja de estar clasificadas como terrenos no aptos para la agricultura debido a las condiciones en que se encuentran: de temporal, con suelos de lomerío tepetatoso con poca o nula capa arable, altamente erosionados, tanto pluvial como eólicamente, baja precipitación (500 mm anuales) y debido a que eran tierras comunales, poco respetadas por la comunidad y su ganado, y finalmente sin herramientas, mucho menos maquinaria agrícola.

Es importante aclarar la diferencia que existe entre los CBTAs del Estado de México y los CBTAs Federales. Los primeros surgen como la mayoría de las escuelas: de la nada; es decir, sin infraestructura, equipo e instalaciones, únicamente con el pago del personal docente. La nuestra, inicia sus primeros dos años de trabajo en la Casa de la Cultura del Municipio. Poco a poco, tras largos y engorrosos trámites ante los gobiernos estatal y municipal se logra lentamente allegarse recursos para instalaciones y equipos retrasándose los apoyos más de lo “normal”, al pertenecer a

uno de los municipios de mayor rezago y pobreza del estado y opositor al partido político en ese entonces en el poder. Los segundos surgen de todo un proyecto, con financiamiento federal, con instalaciones completas y terminadas y equipadas con dispositivos y maquinaria. Resultado de lo anterior, la creación de CBTA's Estatales en tan pobres condiciones resultan ser poco atractivas para los alumnos, tanto por la carrera misma como por los mínimos y deficientes servicios que se ofrecen al alumnado.

5.2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.

Es bajo las condiciones anteriormente descritas como me integro como corresponsable del Área Agrícola de la Institución, junto con un compañero egresado de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), al trabajo escolar en dos vertientes: la de docente con materias diversas, dependiendo del grado y carrera técnica (Ovinos, Porcinos y Aves) y a los trabajos inherentes a la producción agrícola.

Los trabajos en el área estaban enfocados básicamente a los aspectos de reforestación, producción de granos y forrajes, mejoramiento de suelos, adquisición y tramitación de créditos, seguro agrícola y otros apoyos.

Existió un parteaguas que afectó radicalmente las actividades de campo y a la institución misma, donde se ve claramente en qué medida las acciones macroeconómicas afectan a los sectores microeconómicos. El punto central de la división lo tenemos entre la puesta en marcha de las propuestas neoliberales del Tratado de Libre Comercio (TLC) y el fin de los apoyos gubernamentales a los productores del campo, entre el establecimiento de Procampo y la desaparición paulatina de los apoyos de Banrural y del Seguro Agrícola. En medio de estos substanciales cambios, instituciones educativas, como la nuestra, enfocadas hacia el campo se vieron fuertemente afectadas y a punto de desaparecer.

Antes del TLC (1994), año con año se sembraban los terrenos básicamente con trigo, cebada, avena, fríjol con el binomio Banrural y Aseguradora Agrícola, en los cuales se debía tener cuidado en ejecutar todo el paquete tecnológico: barbecho, rastra, tape, fertilización, control de plagas y

enfermedades, reporte de eventualidades, etc., como se hacía con el trigo y donde se tenía que demostrar que se daba el seguimiento debido a la receta oficialmente aceptada, además de algunos experimentos con amaranto, girasol y maíz en coordinación con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). En los años anteriores al TLC y Procampo y a pesar de las condiciones del lugar, siempre se generaron ganancias para la escuela y en nuestro peor año se condonó la deuda adquirida con Banrural. Se apoyó a la institución a cubrir gastos de operación, pago de personal de limpieza e incluso se llegó a comprar el mimeógrafo y la primera computadora 2.86 bautizada como la “vacota” y en la que para trabajar con ella los alumnos se desplazaban 2 km al centro de la comunidad donde había luz eléctrica.

También logramos sustanciales avances dentro del área: se subsolearon, nivelaron, bordearon y estercolaron las 24 hectáreas con apoyo principalmente de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). Así mismo, se construyó una pequeña represa para controlar las avenidas de la zona de aulas que afectaban el acceso al edificio principal. También se cercaron los terrenos con alambre de púa con su respectiva postería (5 km de cercado), además de la siembra de 10, 000 plantas de maguey en bordos y periferia.

Para cada trabajo que se realizaba, generalmente se tenía que desarrollar bajo una metodología adecuada a la magnitud del proyecto, que incluía desde el análisis de prioridades, justificación, estudio de factibilidad, investigación, solicitudes a las instancias correspondientes, seguimiento, puesta en marcha, informe de resultados y en muchas ocasiones dichos trabajos se realizaban buscando “exprimirlos” al máximo involucrando a los alumnos, no sólo en el trabajo físico, también en el académico. Ejemplo de ello es el proyecto con el que se logra la construcción de dos pequeñas represas o “jagüeyes”

La cooperación de alumnos y maestros era decisiva y solidaria. Todos participaban en la siembra, labores culturales, y cosecha, así como en cualquier actividad extraordinaria, lo que implicaba días de ardua labor física y que se prolongaban hasta muy tarde después del horario de clases y también el fuerte trabajo académico extra que se implementaba, para compensar el tiempo perdido. Considero que se tenía un buen equipo gracias a una buena, estricta y atinada dirigencia.

El trabajo arduo también afectaba la matrícula y aunado a las técnicas rudimentarias a las que se recurría, como la siembra por voleo, debido a la falta de maquinaria, hacía pensar a mucha gente de la comunidad que “no es necesario estudiar para ser peones”. Pero aún así, se logró destacar con un trabajo sobre el uso integral del nopal que gana un premio para un alumno y un maestro consistente en un viaje a la ciudad de Praga, Checoslovaquia.

Las condiciones comenzaron a cambiar, iniciando con el cambio de directivos. Se abre el área pecuaria con una posta de conejos y vacas (últimos efectos del trabajo de la directiva anterior), los animales llegan a media construcción de las instalaciones y que se terminan dos años después, se contrata a veterinarios inexpertos, los excedentes e incluso el capital del área agrícola se destinan a la manutención de los semovientes, nos descapitalizamos, con lo que el área agrícola pasa a segundo término. Difícilmente se siembra y toda la producción de granos y forraje se destina a la alimentación del ganado. Pasan varios años antes de independizarnos financieramente del área pecuaria. Para cuando se logra, nos encontramos sin capital, sin apoyo o crédito bancario, pero con la libertad del manejo de nuestras finanzas. Al darse apertura al TLC se abre la posibilidad de obtener recursos por medio de Procampo. Durante sus tres primeros años, nos bastaba con sembrar y recuperar lo invertido y los apoyos que se recibían de dicho programa eran libres de “polvo y paja”.

Este es el punto donde comienza la especialización de mi desempeño hacia la investigación dentro del área. Nosotros sabíamos que no podíamos continuar recibiendo los apoyos de Procampo por tiempo indefinido, debido a que en uno de sus estatutos se estipula que ningún productor con representación oficial podía recibir dichos apoyos. Es en este punto donde de forma separada con mi compañero de área inicio con alumnos de la institución y la asesoría y apoyo del Ing. Francisco Cruz Pizarro del laboratorio de micropropagación de la FES-C UNAM un trabajo llamado “Cultivo *In Vitro* de dos variedades de Maguey”, el cual gana el primer lugar en el primer certamen Olimpiada del Conocimiento en el área de Ecología” con un premio económico. Así mismo, la escuela obtiene otro primer lugar con el trabajo de “Programa de fomento agropecuario para el municipio de Hueypoxtla” asesorado por el Lic. En Planificación Agropecuaria Jesús Eliseo Jiménez Luna, (con el que mas tarde conformamos, y que hasta el momento perdura, el equipo de investigación). Juntando los recursos de ambos premios y lo obtenido de Procampo durante tres

años se logra comprar el primer y único tractor con sus implementos básicos con que cuenta la escuela.

Cabe mencionar que dentro de los primeros intentos de trabajar con alternativas de producción está la de sistemas hidropónicos y de invernadero, que no pudieron prosperar debido a las condiciones existentes (el agua se introduce, con la participación de faenas de la comunidad escolar y padres de familia en el año de 1993, tendiendo una red a una distancia de 900 m, excavando a mano el duro tepetate). La luz se introduce dos años después. Por otro lado, se intentó la producción de tilapia en la pequeña represa e incluso construimos un estanque recubierto de cemento de 200 m³ de capacidad, aguas abajo, para captar las filtraciones de la represa, pero la irregularidad de las lluvias no garantizó el abastecimiento permanente de agua.

Cuando finalmente se logra tener un tractor con que trabajar los terrenos, nos encontramos ante el desolador panorama a que se orilló a la mayor parte de los productores del campo mexicano; la competitividad, dentro de un esquema de total desventaja. Analizando nuestra situación nos encontramos que entrar al mercado nacional con productos básicos en granos y forraje bajo sistema de temporal con precios de garantía muy bajos y sin el apoyo de Procampo, nuestras expectativas de ganancias eran mínimas o nulas. Al sembrar, apostábamos a perder todo lo invertido. Se nos exigía, por otra parte, reportar producción que justificara la existencia del área agrícola y de nuestros sueldos y no se admitía un balance negativo desde el escritorio.

Para el año “1995” se dan cambios radicales en los Bachilleratos Estatales. Los bachilleratos dejan de ser nombrados de acuerdo a las carreras que ofertaban para convertirse en Bachilleratos Generales. Esta situación permite al CBTA No. 21 llamarse CBT y diversificar su oferta de servicios educativos con otras dos carreras técnicas. De esta forma se aumenta la matrícula y desaparece el riesgo de cerrarse la escuela por la falta de alumnado. El cambio de modalidad y planes de estudio disminuye la importancia del área agrícola, las horas de formación técnica agropecuaria disminuyen, además de que se nos limita el empleo “excesivo” de alumnos en los trabajos de campo, incluso en las materias de la carrera.

Ante toda esta situación se intentó buscar alternativas viables que justificaran nuestra labor y que se demostrara a la comunidad ejidal que los terrenos donados estaban siendo trabajados aunque no

productivamente (se llegó a tener el rumor de querer expropiarnos algunos terrenos que no estaban siendo sembrados). Para ello se replanteó totalmente el trabajo del área. Se logró nuevamente el apoyo de la CONAZA para sembrar con nopal tunero el total de la superficie. Recordemos que ya se encontraban circundados con maguey y que junto con el nopal nos permitiría reenfocar nuestra explotación en lo que nosotros pensamos sería acorde a la vocación del suelo en particular y del lugar en general.

Es aquí donde bajo situación de crisis se plantean esquemas de producción tomando en cuenta las condiciones ecológicas y de vocación del lugar y uso racional de recursos. La idea en general fue crear un área de explotación de maguey y nopal tunero junto con el desarrollo alternativo de la flora y fauna asociada a ellos, es decir, no sólo explotar los productos y subproductos del maguey y nopal, sino también promover el ambiente propicio para la proliferación de su flora natural para un pastoreo controlado y su fauna para la explotación de insectos comestibles como el escamol, gusano blanco, hormiga mielera y gusano rojo de maguey. Por otra parte, para retener la erosión extrema de algunos terrenos se construye otra pequeña represa, aunque de mayor capacidad que la primera con la idea no sólo de retener la erosión y permitir la infiltración de agua sino completar nuestro esquema con la producción del ajolote mexicano para complementar la oferta de posibles productos.

La idea parecía excelente desde el papel y aunque el trabajo que implicaba no nos amedrentaba, no contábamos con las condiciones que se presentaron. El crecimiento del maguey de por sí es lento y esperar beneficios de él era a mediano y largo plazo, por otro lado se esperaba comenzar a cosechar nopal al segundo año, pero las condiciones del lugar no permitieron su desarrollo y cinco años después comenzaron a ensayar sus primeros frutos, enfrentándonos con la depredación de la población aledaña, la dificultad en su cosecha y la difícil comercialización al hallarnos aislados de las zonas de producción. Por otra parte, no recuperábamos la flora interna por la constante invasión de pastores con su ganado que no sólo afectaron las parcelas, también el cercado. Finalmente la rapiña indiscriminada de mixioteros que en una sola noche acabaron con cientos de magueyes. Todo era invertir y poco o nada se cosechaba, pero se nos continuaba exigiendo cuentas con números negros.

Frente a esta realidad, me encontré ante la situación de cómo debía proceder en el futuro: enfocarme en el trabajo docente y con ellos desistir de mi carrera o buscar nuevas alternativas de trabajo dentro de la escuela, debido al negro panorama en el campo de trabajo en el exterior. Opté por tomar ambos puntos, me especialice en la enseñanza del idioma inglés y enfoqué mi carrera plenamente hacia la investigación.

Aunque con anterioridad había realizado algunos primeros trabajos de investigación, estos no habían pasado de ser pequeños trabajos donde administrativamente se colocaba al frente a ciertos alumnos que representaran oficialmente los trabajos desarrollados por las escuelas, pero es allí que de manera incipiente comencé a relacionarme y formar equipo con mi compañero Jesús Eliseo Jiménez Luna Licenciado en Planificación Agropecuaria de la entonces ENEP Aragón. También es importante mencionar que a lo largo de mi vida profesional, ha revestido para mí una gran importancia trabajar en equipo, no concibo el trabajo independiente e individual, es importante la discusión, puntos de vista, debate y aporte de otros profesionales para que el desarrollo de un trabajo o proyecto sea lo más integral posible.

Surgieron ideas que muy poco se han desarrollado, pero que permanecen en el archivo de proyectos, por ejemplo el estudio del ajolote, la hormiga mielera y el escamol. Pero en una tarde, del año 1995, contemplando Hueypoxtla desde una de sus alturas y deleitándonos con su vista y cierto fermento líquido del maguey discutimos la posibilidad de iniciar el estudio del gusano rojo del maguey y todo el potencial que representaba sobre los demás proyectos, quedamos satisfechos y nos comprometimos a trabajarlo, pero que no iniciamos en ese año. Se encontraba con nosotros un compañero del CBTA 27 de Nopaltepec, quien por su cuenta, da los primeros pasos en el estudio del gusano rojo invitándonos a retomarlo un año después, con cierta pena por sentir haber robado una idea que no fue suya.

El concepto originalmente proviene del estudio sobre micropropagación del maguey. La idea de propagarlo bajo este sistema no es equivocada ni nueva, desde el punto de vista científico, pero al trasladarlo al campo de utilidad práctica, deja mucho que desear. Es un sistema fundamentalmente destinado a multiplicar plantas de difícil proliferación, plantas con valor económico muy alto o bien para garantizar la obtención de plantas libre de enfermedades o clonación masiva de características específicas. Es un sistema sumamente eficiente pero de alto costo y que para micropropagar el

magüey necesitaría el financiamiento o subsidio gubernamental para ponerlo al alcance del productor común, cosa muy difícil si no se le da una justificación bien cimentada, por lo que el estudio no sería viable sin tal justificación.

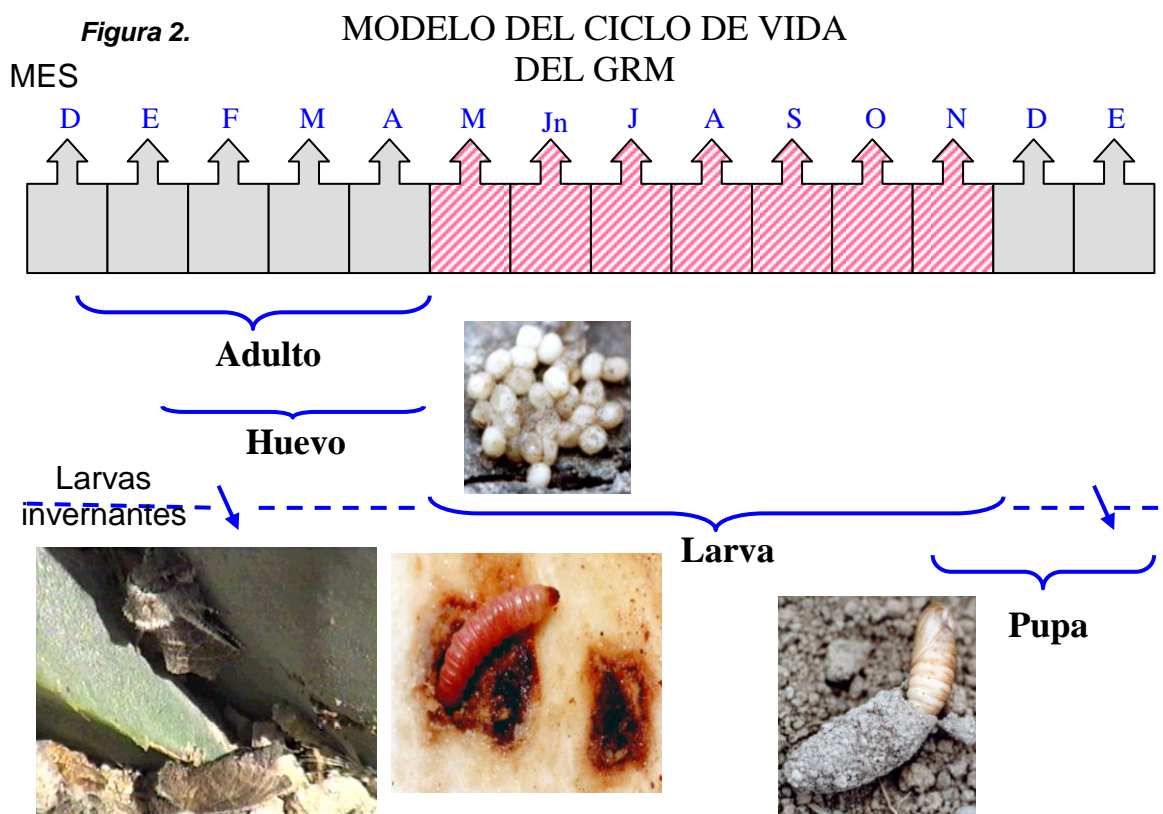
Por otro lado, mi interés siempre ha sido hacia la aplicación práctica o sea, hacer investigación con la posibilidad de transferirla directamente al campo y en específico a aquél sector de alta marginación y mínima rentabilidad.

1997 es al año en que formalmente inicio el estudio de éste organismo, haciendo equipo con mi compañero en planificación agropecuaria. Es en este estudio, en el que planteo básicamente mi memoria profesional, debido a que sigue siendo hasta la actualidad el puente que me mantiene unido a mi carrera de Ingeniero Agrícola y en el que pienso, es hasta el momento mi mayor aportación, no sólo como profesional sino como ser humano hacia mis semejantes, en conclusión donde mi huella es mas profunda. Por lo que, lo que a continuación presento, son mis aportaciones personales al estudio del gusano rojo del magüey sin olvidar a las personas que de una u otra forma me aportaron sus conocimientos y experiencias.

5.3. APORTES Y LOGROS DEL PROCESO DE INDUCCIÓN A PUPACION DEL GRM Y DESCRIPCIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO.

5.3.1 GENERALIDADES DEL CICLO BIOLÓGICO.

Trabajos recientes de Sánchez (2003) y Camacho *et al.* (2003) tratan sobre el ciclo de vida y proponen el modelo de la Figura 2:



De acuerdo con estos trabajos efectuados con GRM y documentación gráfica de organismos de la región de Hueypoxtla, México, se observan palomillas o adultos desde mediados del mes de enero hasta abril, los adultos solo viven pocos días apareándose y ovipositando inmediatamente en la base de las pencas. Aparentemente las primeras lluvias (abril a mayo) desencadenan la eclosión y el inicio del desarrollo de las larvas, se reconocen 6 estadios hasta el final del otoño, cuando, aproximadamente en el mes de noviembre inician la pupación tejiendo capullos con seda en el

suelo, mismos que se desarrollan de noviembre hasta enero, en el laboratorio se determinó un tiempo de unos 69 días a 27°C.

En el campo es posible encontrar larvas de tamaño medio (3er o 4to estadio) desde inicios del año, por lo que existe una población de larvas invernantes probablemente en diapausa, las cuales, reinician su desarrollo al volver a aumentar la temperatura y se piensa que constituyen el grupo que emerge al final de la temporada.

Es posible inducir la pupación en condiciones de laboratorio y se tienen resultados experimentales que indican que el GRM puede colonizar plantas de diferentes tamaños; sin embargo, no se encontró diferencia significativa en el número de gusanos por planta colonizada, (promedio de 95), alcanzando hasta un 74 % de colonización al liberar adultos en viveros cubiertos con malla, medida que también elimina la depredación por aves (Nolasco *et al.* 2002).

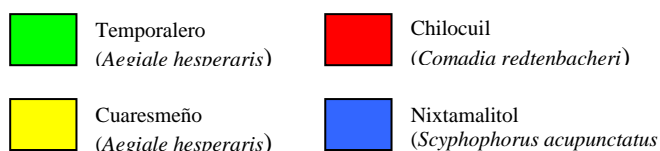
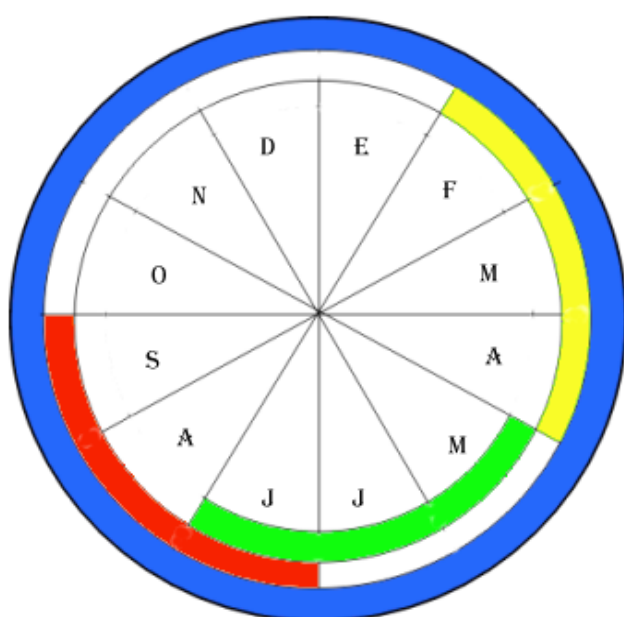


Figura 3. Período de emergencia de los insectos asociados al maguey según Manzano (1989).

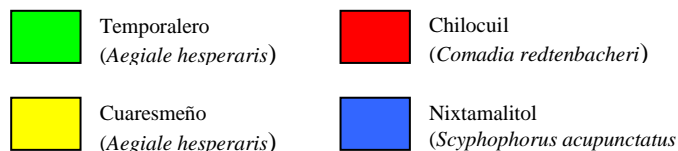
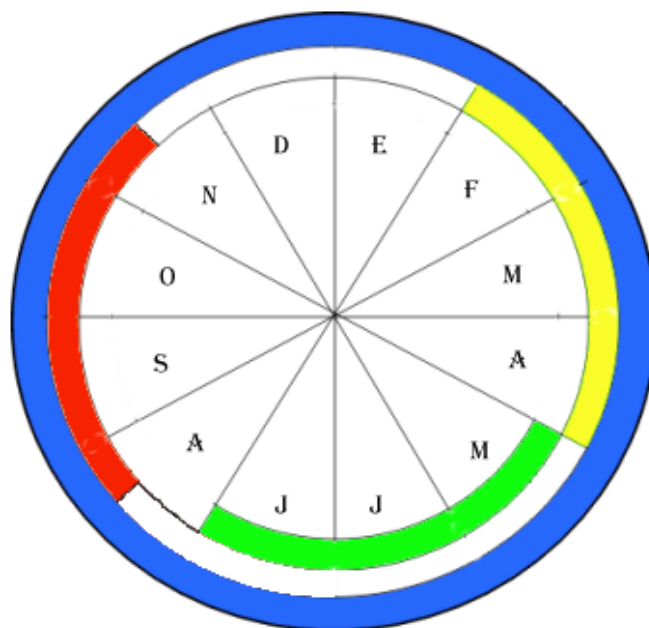


Figura 4. Modificación a la gráfica de Manzano del período de emergencia GRM para la región de Hueypoxtla.

La temporada de recolección del gusano rojo es durante el período de lluvias entre los meses de julio a septiembre, según Manzano (1989), Figura 3.

La temporada establecida para la región de Hueyoxtla corresponde a partir de la primera quincena de agosto a la primera quincena de noviembre según datos obtenidos (Figura 4).

5.3.2 FASES METAMÓRFICAS, ECOLOGIA Y COMPORTAMIENTO.

Lo que a continuación se presenta contiene, sobre todo, los aportes y las observaciones personales y de equipo que pueden dar un mejor conocimiento de la especie en la región de Hueyoxtla. Esta especie presenta los cuatro estados de crecimiento de metamorfosis completa.

HUEVO.

Tiene forma ovalada, reticulada, con figuras hexagonales, su forma es regular. Mide 1 mm de altura por 0.7 mm de ancho. (Figura 5).

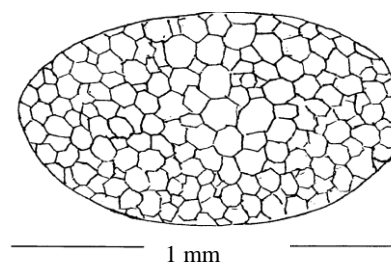


Figura 5. Tamaño del huevo de *Comadia redtenbacheri*.

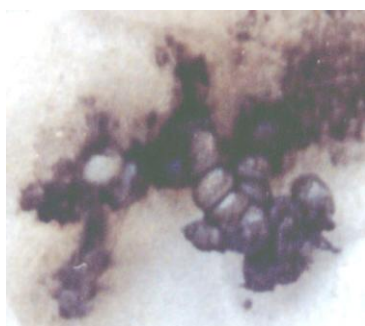


Figura 6. Masa de huevecillos aglutinados por la sustancia mucilaginosa con que son ovipositados y que les da su coloración.

La masa de huevecillos presenta una coloración café oscura (Figura 6), debido a un líquido negro mucilaginoso con el que la hembra cubre y pega los huevecillos, por medio de su ovipositor, en la región basal del maguey y por debajo del nivel del suelo.

El color real del huevecillo es blanco mate (Figura 7). El corión es grueso



Figura 7. Color natural de los huevecillos de *Comadia redtenbacheri*.

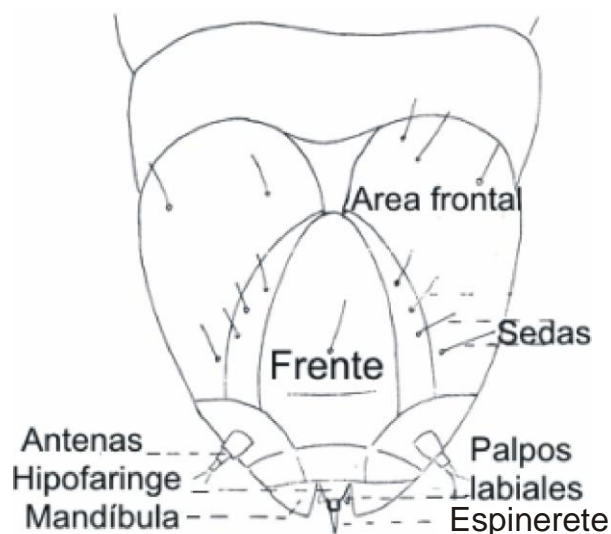
y muy duro solo se ablanda con agua. Se adhieren fuertemente unos con otros y a diferencia de lo que reporta la bibliografía se detectó que la palomilla los pone en grupos de 50 o hasta 90 huevecillos, en condiciones semicontroladas. Así mismo, el huevecillo eclosiona al cabo de 1 a 3 meses, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura ambientales (altas humedades relavas a causa de las primeras lluvias y temperaturas primaverales menos extremas), con lo cual también se difiere en lo reportado.

LARVA.



Figura 8 Larva madura de *Comadia redtenbacheri*.

patas. Su cuerpo tiene 12 segmentos, de los cuales tres corresponden al tórax y los restantes al abdomen. Son de color rojo intenso característico de la familia Cossidae. Tienen consistencia blanda excepto la cabeza y la placa anal que son coriáceos (Figuras 8 y 9)



La larva es eruciforme, cilíndrica y tiene aparato bucal masticador. Presenta tres pequeños pares de

CARACTERÍSTICAS

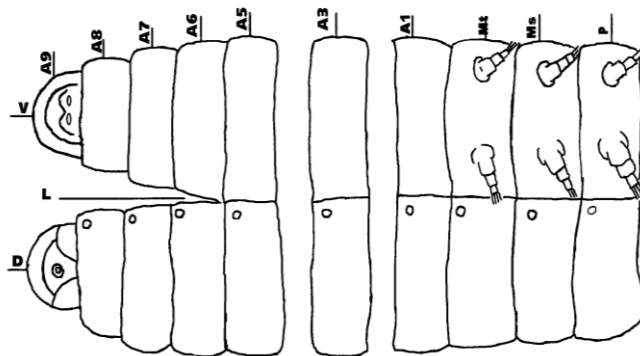


Figura 9. Esquema de la larva de *Comadia redtenbacheri*

P	Protorax	L	Línea Lateral
Ms.	Mesotórax	D	Línea Dorsal
M	Metatórax	V	Línea Ventral
	A1-9		Segmentos abdominales

La cabeza es de color negro y presenta dos hemisferios (Figura 10). Las mandíbulas son cortadoras. Presenta en todos los segmentos estigmas respiratorios.

Figura 10. Cabeza de larva de *Comadia redtenbacheri*.

El estado de larva presenta de seis a siete estados de crecimiento en un lapso de 4 a 6 meses (Cuadro 1), dependiendo totalmente de la temperatura ambiental (requiere acumular de 1487 a 1518 unidades calor o grados-día, que en condiciones de laboratorio se obtiene con la formula de López (1999). Este es el estado de crecimiento más importante y conocido por la gente, ya que es precisamente en esta etapa de vida del insecto cuando se colecta y consume. Son insectos gregarios

Cuadro 1. Relación entre el estadio y la anchura de cápsula cefálica.

Estadio	Anchura de cápsula cefálica (mm)
I	0.45 – 0.66
II	0.67 – 0.92
III	0.93 – 1.28
IV	1.29 – 1.80
V	1.81 – 2.53
VI	2.54 – 3.54
VII	3.55 – ?

detectándose colonias desde 11 a 276 organismos.



Figura 11. Galerías hechas por larvas de *Comadia redtenbacheri*.

Los gusanos son colectados en los meses de agosto, septiembre e incluso octubre; generalmente la gente arranca las plantas para poder extraer las larvas o en ocasiones espera que el mismo insecto, abandone el maguey cuando caen lluvias torrenciales acompañadas de tormentas eléctricas, la larva necesita de la lluvia para poder desplazarse por el suelo e iniciar la etapa de pupación.

Los chincuales barrenan la piña del maguey joven (Figura 11). Ante este ataque el maguey responde petrificando el tronco para evitar que penetre hasta el centro meristemático, de esta manera los gusanos no pueden penetrar más. Las pencas toman una coloración amarillenta a rojiza cuando el ataque es severo y avanzado. Las personas del medio rural dicen que los chincuales benefician al maguey puesto que les

ayuda a fortalecerse.

Las larvas forman una masa sedosa sólo cuando se encuentran fuera de la planta o del suelo cercano a la planta, como una forma de protección hacia el medio ambiente, creando un microclima para la colonia, esto puede notarse cuando se les alimenta con tortilla, la cual carece de suficiente humedad. Por el contrario, no forman seda en ambientes húmedos y puede observarse cuando se les alimenta con manzana fresca. En la última fase larvaria es notorio que su actividad es alta alrededor de los diez a quince centímetros fuera del tallo, dependiendo de la humedad del suelo en oposición

a sus primeras fases en donde su actividad es completamente al interior de la piña, llegan incluso a taponar las galerías con seda bajo condiciones fuertes de sequía.

PUPA.

Las larvas pupan en el suelo en los meses de septiembre a noviembre. La larva forma el capullo bajo la superficie del suelo a una profundidad no mayor a los 5 cm, en posición vertical o inclinada, rara vez horizontal, pero jamás invertida.

El cocoon o capullo, es una estructura de seda semipermeable a la cual se le adhieren fuertemente partículas de suelo (Figura 12). Una vez dentro, se encierra herméticamente, a excepción de una “ventana” circular ubicada en la parte superior que le sirve para el intercambio gaseoso y que posteriormente facilita la emergencia del adulto o palomilla, e inicia el proceso de la metamorfosis. De aquí pudo deducirse que la condicionante básica para la pupación era la eliminación de alimento. Al iniciar este proceso la larva pierde peso y tamaño doblándose sobre su abdomen en el cuarto segmento.



Figura 12. Capullo y pupa de *Comadia redtenbacheri*.

Los primeros cambios se dan en el color: las larvas tienden a tornarse de rojas a rosadas, de blanquecinas opacas a blancas semitranslúcidas sin ningún cambio aparente en su morfología exterior. En este punto tanto la cabeza como la parte posterior son morfológicamente idénticas, pero en pocos días los cambios morfológicos se dan de manera rápida y sucesiva, los cambios se notan primeramente con el abultamiento de la cabeza y la aparición de hileras de escamas en forma de punta de lanza alineadas en filas en el dorso del cuerpo del gusano y en los segmentos abdominales.

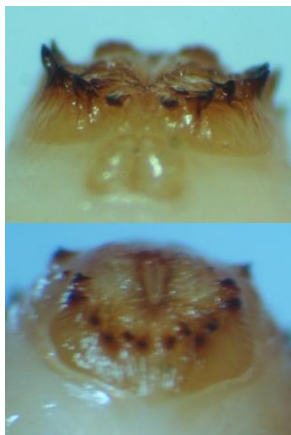
Se presenta en doble hilera de los segmentos A1 al A5 e hileras sencillas del A6 al A9. Dichas protuberancias le son necesarias para deshacerse de la última muda larvaria y más delante de la exhubia pupal (nombre que se le da a los restos de la cubierta que dejan las palomillas al emerger).

La pupa se forma aproximadamente de los 30 a los 45 días después de formado el cocoon. Las pupas son de color amarillo en la cabeza, sus alas rudimentarias y blanquecinas en el resto de su cuerpo en sus primeras etapas, tornándose en tonalidades café oscuro y gris violeta cuando están madurando, y negras

Figuras 13.
Maduración y color de las pupas de *Comadia redtenbacheri*.



poco antes de la emergencia de la palomilla (Figura 13).



Figuras 14 y 15.
Determinación del sexo de las pupas de *Comadia redtenbacheri*.

Por la región dorsal de la pupa se observan ocho segmentos y uno más prácticamente invisible coronado por la última hilera de escamas, donde se puede determinar su sexo (Figuras 14, 15 y 16: el del macho presenta unas protuberancias parecidas a un par de testículos fuera de la corona en la región ventral y en el de las hembras una estructura parecida a la vulva de la vagina dentro de la corona.

La etapa de estado de la pupa dura de tres a cuatro meses en función del clima imperante.

Los factores ambientales que intervienen en la pupación son la temperatura y la humedad dentro del capullo; donde las fluctuaciones de temperatura permiten la maduración: fríos invernales nocturnos y calores diurnos propios de las zonas semiáridas. En el caso de trabajar en laboratorio se recomienda al final del proceso de pupación llevar a cabo un periodo de aclimatación.

La presencia de humedad es necesaria únicamente para facilitar la penetración de la larva en el suelo (Figura 17), la presencia de humedad durante el proceso, sobre todo al final del mismo afecta de forma significativa

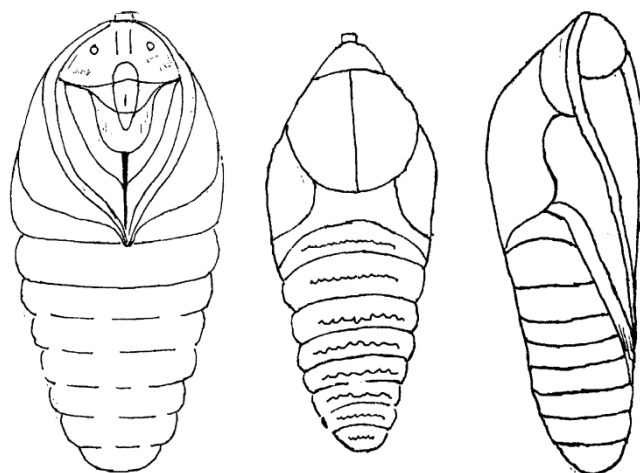


Figura 16. Diferentes perspectivas esquemáticas de las pupas de *Comadia redtenbacheri*.



Figura 17. Ilustración que muestra la manera en que son inducidas las larvas a pupación.

a las pupas, ya que produce una fuerte mortandad por el ataque de hongos y en casos extremos de bacterias.

Para inducir la pupación de las larvas, basta con un estrés alimenticio, es decir colocarlas en un medio donde no tengan acceso a ningún tipo de alimento (Figura 17), de otra forma su fase larvaria se prolonga indefinidamente.

Se han realizado pruebas en donde las larvas son inducidas a pupación en distintos tipos de sustratos, en donde lo más importante es de que el suelo se encuentre húmedo y flojo para permitir su penetración y desplazamiento en el suelo, pero se debe tener cuidado de no humedecerlo posteriormente.

Por otra parte, hemos obtenido pupaciones al desnudo, es decir sin capullo, bajo la base de que el mismo no es necesario cuando las condiciones de humedad ambiental son favorables y que a la vez nos ha permitido establecer las bases para una producción intensiva en laboratorio de palomilla.

También se ha determinado la estrecha relación que tienen la talla de las larvas en relación a su sexo: a mayor talla mayor probabilidad de ser hembras, a menor talla mayor probabilidad de ser machos, esto nos permite que en la selección se elija principalmente a los organismos de mayor talla para la producción de hembras y captura de machos silvestres, lo que permitiría el empleo de las larvas pequeñas para consumo humano.

Otro de los cuidados a tomar en cuenta es, que una vez colectadas las larvas, estas deben protegerse para evitar ser parasitados por dípteros, los cuales son un factor importante de mortandad de las pupas, así como de no reutilizar la tierra de los puparios sin antes esterilizarla.

Las pupas pueden liberarse de sus capullos una vez iniciado el proceso de metamorfosis, para facilitar su estudio, manejo e incluso sexado. El lapso del proceso puede ser alterado al controlar la

humedad relativa y la temperatura, siendo ésta última determinante; al elevarse la temperatura, se acelera el proceso, al bajar la temperatura se retarda el proceso. Si tomamos en cuenta lo anterior podremos ver que este factor nos permitiría controlar e incluso uniformizar la emergencia del adulto.

Por último, en estudios anteriores se determinó que el mayor porcentaje de pupación se da en los primeros 4 cm de suelo, lo que permite emplear camas delgadas de sustrato.

ADULTO.

El proceso de emergencia se da principalmente por las tardes, fuertemente relacionada con el calor

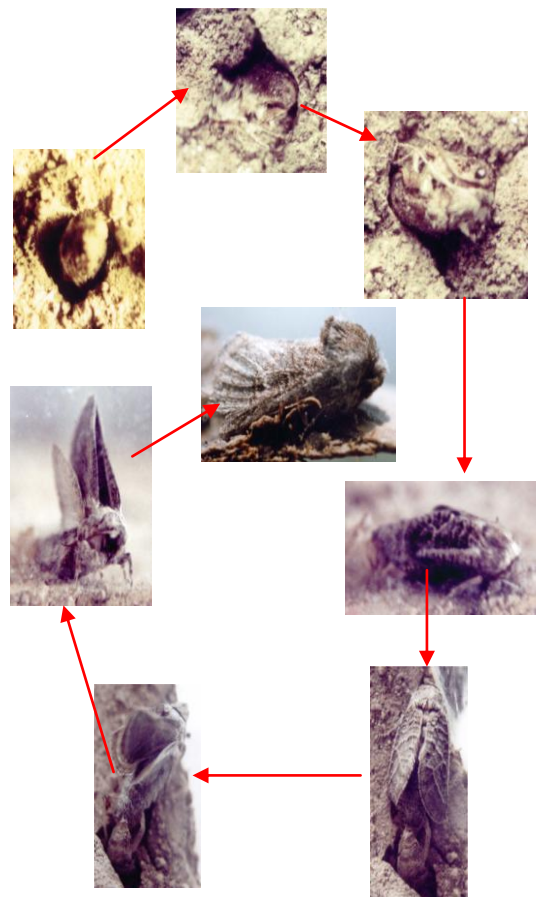


Figura 18. Ilustración que la exhubia pupal dejada al liberarse el adulto.

del medio día, por lo que se tendrá poca emergencia en días fríos y nublados y alta emergencia en los días calurosos y despejados.

Consiste generalmente en romper primeramente con el capullo, inmediatamente después la capa de tierra que lo separa de la superficie y después iniciar el desprendimiento total de la exhubia pupal (Figuras 18 y 19), todo ello, mediante movimientos contráctiles de todo su cuerpo y ayudándose de sus extremidades superiores. El gasto de energía es enorme, pero vital para el organismo. Dicho proceso tarda de 5 a 20 minutos, incluso algunos organismos en este proceso mueren por agotamiento.

Figura 19
EMERGENCIA DEL ADULTO



Una vez lograda la emergencia, la palomilla se deshace de sus últimas excretas y se moviliza inmediatamente buscando, al parecer, deshidratar su cuerpo y especialmente sus alas, mediante el repliegue de las mismas, sin lo cual éstas pueden quedar adheridas a su cuerpo lo que la

imposibilitaría a volar y por lo tanto a aparearse. Finalmente permanecen inmóviles hasta el momento crepuscular para iniciar su apareamiento (Figura 19).

El adulto macho de la especie *Comadia redtenbacheri* (Figura 20), es una palomilla de hábitos nocturnos de 1.5 cm de largo por 0.7 cm de ancho con las alas plegadas, tiene la misma apariencia física y el color que la hembra. Presenta ocho segmentos abdominales y en el último tienen una estructura postgenital que se abre en tres partes por donde emerge el pene.



Figura 20. Macho de *Comadia redtenbacheri*.

Su color es de gris a café claro con franjas de color cremoso que bordean las alas, presenta también una banda color crema a lo largo de las alas con franjas negras bajo las bandas cremosas. La cabeza presenta una banda de color negro cerca de los ojos y un manchón del mismo color al iniciar el tórax a la altura del abdomen. Los ojos son compuestos y tienen un color negro. *Comadia redtenbacheri* no presenta probóscide por lo que no se alimenta durante su vida adulta al igual que otras muchas especies de palomillas.

La característica principal para diferenciar machos de hembras en *Comadia redtenbacheri* son por sus antenas, en los machos son bipectinadas o plumiformes, las cuales le permiten detectar a la hembra a gran distancia. El adulto tiene el cuerpo cubierto de vellosidad que esta armado por



Figura 21. Hembra de *Comadia redtenbacheri*.

pequeñas estructuras llamadas escamas. Visto al microscopio las escamas son de color negro alternándose con blancas, encontrándose mayor vellosidad en la cabeza. Son mucho más activos que las hembras y viven de 2 a 3 días bajo condiciones de campo.

Las principales características de la hembra son sus antenas filiformes (Figura 21), las hembras llegan a medir más de dos centímetros de largo presentan un mayor tamaño en longitud con respecto a los machos debido al ovipositor y en corpulencia ya que su abdomen está lleno de huevecillos listos para ser fecundados. Su periodo de vida bajo condiciones de campo, es de 3 a 4

días, ligeramente mayor que la de los machos. Una hembra en condiciones de laboratorio llega a rebasar los 10 días de vida. En la hembra, la unión de las alas anteriores, forma un pequeño pliegue plumoso en la parte dorsal de la palomilla.

El ovipositor (Figuras 22 y 23), es tubular ligeramente redondeado en el extremo, el cual antes del apareamiento es prolongado como una forma de liberar feromonas con la finalidad de atraer al macho (aunque esto no parece funcionar en espacios cerrados y pequeños). También le es de gran utilidad para esconder y adherir las masas de



Figura 22. Hembra de *Comadia redtenbacheri* con su ovipositor.



Figura 23. Acercamiento del ovipositor.

huevecillos en la base de las pencas del maguey con respecto a las grietas del suelo.

Por otro lado, pueden distinguirse las hembras por el abultamiento de su abdomen, donde se encuentran los huevecillos. En cautiverio las hembras presentan un promedio de 90 a 130 huevecillos lo que las hace muy pesadas, esto provoca que la actividad y movilidad de la hembra sea menor que la del macho, esto puede ser la explicación de que en las colectas de adultos por trampas de luz, (la palomilla presenta fototropismo positivo), aproximadamente sólo el 10% resultan ser hembras y de ellas, cerca del 50% ya ovipositaron .

De acuerdo a pruebas efectuadas para observar la forma como la palomilla oviposita, el lugar de postura y la fase de excitación, la palomilla hembra prefiere lugares con oquedades en donde la humedad pueda ser mayor y los huevecillos pueden estar mejor protegidos. Estos son depositados preferentemente en la parte basal de las pencas externas de las plantas de maguey.

APAREAMIENTO Y OVIPOSICIÓN.



El apareamiento (Figura 24), se realiza pocas horas después de la emergencia, durante el crepúsculo, que es el momento de mayor actividad de las palomillas y cuya cópula dura alrededor de los 20 minutos. La actividad que precede al crepúsculo persiste alrededor de tres horas, siendo el momento ideal de captura de organismos silvestres, después cesan toda actividad, siendo presa fácil de las aves durante el día.

Contrario a lo que dicen la mayor parte de autores, las hembras ovipositan el mayor número de huevecillos en una sola masa, representando para ella su agonía, (en ocasiones no logran desprenderse de todos ellos), y al poco tiempo mueren. La

postura también se da cuando la hembra se ve amenazada, incluso al emerger del capullo sin haber sido fecundada.

Figura 24. Apareamiento de las palomillas de *Comadia redtenbacheri*.

La oviposición se efectúa mediante movimientos contráctiles del ovipositor logrando extenderse hasta un tercio de la longitud de la hembra (Figura 25).

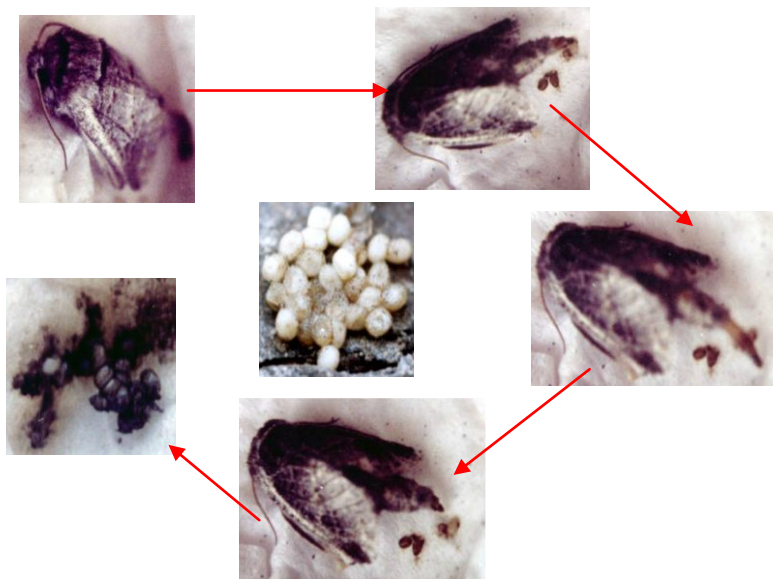


Figura. 25. Hembra de *Comadia redtenbacheri* ovipositando: proceso que indica su agonía.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.

Con el conocimiento que hasta el momento se tiene del gusano rojo del maguey (*Comadia redtenbacheri*) y su relación con su hospedero (*Agave spp*), nos permite plantear la posibilidad de proponer toda una serie de alternativas de manejo en vías de una explotación comercial sustentable. Es importante no olvidar que los resultados obtenidos provienen en su gran mayoría de la región de Hueypoxtla, México y que sería conveniente ajustarlos a las condiciones de algún otro lugar. A continuación se retoman los principales factores que intervienen en el planteamiento general.

EL MAGUEY.

Si tomamos primeramente en cuenta, el hecho de que el GRM ataca primordialmente a plantas de maguey en sus primeras etapas de crecimiento y el que crezcan bajo condiciones adversas de suelo y medio ambiente, donde su desarrollo lento e insuficiente vigor las hace presa fácil del ataque de plagas, nos lleva a proponer llevar el proyecto a zonas con suelos no aptos para la agricultura con problemas de poca o nula capa arable, pobres y de baja precipitación y que se ubican esencialmente en zonas de pobreza y alta marginación, propias de muchas comunidades del Altiplano Mexicano. Así mismo, plantear un sistema de alta densidad con todos los beneficios que en sí mismo lleva: uso de suelos abandonados, retención de erosión, reactivación económica, entre muchos otros ya mencionados.

EL GUSANO ROJO DEL MAGUEY.

El conocimiento del ciclo biológico del GRM, permite proponer técnicas de manipulación en vías de una explotación controlada, para ello, se retoman los diferentes resultados y observaciones, aquí planteados, y hechas a lo largo de su ciclo biológico:

a). LARVA. Debido a que es la fase más comúnmente conocida y de más fácil acceso, es la empleada para iniciar los trabajos de obtención de pie de cría con todas las ventajas; fácil accesibilidad y adquisición y desventajas; altamente parasitados, por dar algunos ejemplos.

El momento idóneo para la colecta del GRM es principalmente entre los meses de septiembre y octubre y la presencia conjunta de lluvia con tormenta eléctrica. Esta combinación de factores provoca en el organismo una emigración masiva de larvas listas para pupar. Su colecta es relativamente fácil y no se daña a la planta, siendo el problema mayor, el depender totalmente de las condiciones climatológicas y complicándose cuando es nocturna. Es por ello, que muchos colectores prefieren hacerlo directamente de la planta, sin tener el cuidado adecuado al arrancarla y mucho menos replantarla o incluso llegan a destrozarse completamente el maguey, tratando de extraerle hasta el último gusano. Es necesario en éste punto desarrollar la tecnología necesaria para inducir la emergencia del gusano sin perjuicio de su hospedero.

Las larvas son gregarias y rara vez presentan canibalismo. Pruebas realizadas han demostrado que la formación de seda no tiene otra finalidad que la de mantener la humedad para la colonia y que la tortilla que la gente le coloca para “alimentarlos” la emplean únicamente como material de construcción de la cubierta de seda y que cada vez que se cambia por tortilla fresca las obligamos a construir una nueva cubierta, con el desgaste de energía que implica y que puede afectar posteriormente el proceso de pupación. Esta situación se evita colocando las larvas en recipientes semiherméticos que sólo permitan el intercambio gaseoso y retengan la humedad proporcionada por la transpiración del mismo organismo.

La principal desventaja que se tiene al emplear larvas como pie de cría, es la gran incidencia de parásitos que presentan (básicamente por dípteros), aún con los cuidados adecuados en su colecta. Se desconoce cuál es el momento en que es parasitado. Observaciones hechas demuestran que incluso, al extraerlo directamente de la planta, ya se encuentran algunos organismos parasitados. Otra línea de investigación necesaria es la de determinar exactamente qué tipo de mosca es, sus hábitos, su ciclo de vida y principalmente determinar el momento en que parasita al GRM, con fines de prevención y de control.

Se observa una estrecha relación entre la presencia de pequeñas necrosidades en la epidermis del gusano con la manifestación posterior de parásitos, dichas manchas se expanden con el tiempo y pueden ser detectadas a simple vista, a los pocos días, en la mayoría de ellas. De aquí se desprende

la recomendación de someterlas a cuarentena de forma lotificada, de dos a tres semanas para eliminar la mayor parte de organismos parasitados, este proceso se puede aplicar previo al consumo humano.

El proceso de selección no sólo incluye la eliminación de organismos enfermos, también la selección de hembras. Aunque no existe forma de determinar físicamente el sexo en estado de larva, sin embargo, se encontró una relación estrecha entre su tamaño y su sexo: a mayor tamaño de larva la probabilidad de que sean hembras aumenta, a menor tamaño de larva la probabilidad de que sean machos aumenta. De forma práctica podemos dividir a los organismos en “Grandes, Medianos y Pequeños”. Los grandes nos garantizan un muy alto porcentaje de hembras, los medianos un balance en el porcentaje de machos y hembras y los pequeños un alto porcentaje de machos. Mediante esta forma se puede enfocar el trabajo de pupación a la producción de hembras para disminuir costos. Los organismos pequeños se pueden canalizar al consumo directo o venta.

PUPA.

Cuando las larvas, en sus últimos estadios, se encuentran fuera del alcance de una fuente de alimento, se ven obligadas a continuar su siguiente fase: la pupa. Este principio determina totalmente el proceso de inducción a pupación divergiendo en dos vertientes: pupación en capullo y al desnudo. En el primero se hace en las mejores condiciones físicas y sanitarias posibles de sustrato y en el segundo teniendo un control adecuado de humedad ambiental que le permita pupar sin necesidad de fabricar capullo alguno.

Se estudió la profundidad a la que pupan en sustrato y su posición con respecto al suelo y de forma interesante, pero lógica, se encontró que la mayor parte pupan entre los dos a tres centímetros y con la cabeza orientada hacia arriba, ambos aspectos facilitan la emergencia de las palomillas.

Durante las primeras dos a tres semanas de la inducción a la pupación en sustrato, el insecto presenta dos fenómenos interesantes: tiende a congregarse hacia el lateral del contenedor donde penetra la luz en cuartos de cría o hacia el poniente en cajones a la intemperie, por lo que desde

larva presenta fototropismo positivo, por otro lado, se puede presentar retraso en la formación del capullo cuando las condiciones ambientales son benignas (en cuartos de cría con condiciones de alta humedad relativa, temperaturas moderadas y luz indirecta). El sol directo y la deshidratación del suelo lo obligan a formar capullo o a morir.

Una vez formado el capullo, el principal factor físico que influye el proceso de pupación es el calor. Se determinó que necesitan alrededor de 1500 unidades calor, se cuantifica de acuerdo con la siguiente formula (López, 1999).

$$Uc = (Tc - Tu) \cdot D$$

Uc = Unidades de calor.

Tu = Temperatura umbral.

Tc = Temperatura constante.

D = Días de desarrollo.

La Temperatura umbral es el valor de la temperatura cuando la tasa de desarrollo es igual a cero. La emergencia del adulto dependerá en primer lugar del momento de inicio de la pupación y del calor acumulado durante los días invernales, y como consecuencia se tiene un amplio lapso de emergencias del adulto (de enero a marzo). Es por ello que si se logra controlar el momento de inducción a pupación y el calor suministrado, puede ser posible uniformizar y disminuir el rango de emergencia.

Cuando el proceso de pupación inicia, es irreversible. Las pupas pueden liberarse manualmente de su capullo si se desea supervisar visualmente su posterior desarrollo, pero se debe tener cuidado de no hacerlo antes, ya que el proceso se interrumpe impidiendo que las larvas lo reinicien en el sustrato, a menos que se le den condiciones óptimas de laboratorio.

Uno de los mayores problemas a resolver y que hasta el momento impide la producción en masa de palomillas en laboratorio (y que en campo también es un factor significativo de mortandad), es la gran mortalidad que presentan las palomillas durante la emergencia. Esta mortandad se debe básicamente a que la palomilla no puede liberarse de su exhubia pupal.

Se hicieron distintas pruebas, donde se descartaron algunos factores que podían ayudar a eliminar o disminuir dicha mortandad. Una de las teorías que se tenía es; que la exhubia se adhiere al cuerpo

impidiendo la liberación de la palomilla por deshidratación durante el proceso de pupación. Descartamos ésta idea al poner a pupar, al desnudo, distintos lotes a diferentes porcentajes de humedad, no encontrando diferencia significativa en la emergencia. Otra fue rociar con algún humectante (glicerina por ejemplo), las pupas a punto de emerger, provocando incluso, problemas mayores. Otro factor que se puede estudiar es desde el punto de vista mecánico, es decir, la palomilla encerrada dentro de la exhubia pupal necesita ser fijada para darle apoyo mecánico y así pueda liberarse de ella. Queda abierta la investigación en este punto, teniendo en claro, que una vez resuelta esta problemática, se avanzaría enormemente en el proyecto de una cría intensiva de GRM.

ADULTO O PALOMILLA.

La palomilla al emerger, debe tener las condiciones adecuadas de espacio y humedad ambiental para movilizarse rápidamente y deshidratar sus alas, que de otra forma, quedarían adheridas a su cuerpo o deformadas, impidiendo remontar su vuelo para su apareamiento. Este proceso es todo un rito y es el mismo en todos los organismos: comienza al desprenderse de su exhubia, eliminar las últimas excretas, seguida de una rápida movilización sobre el suelo, detenerse súbitamente, desplegar sus alas hacia la parte posterior del cuerpo, plegarlas hacia la parte superior del cuerpo en forma de triángulo, replegarlas nuevamente y descansar durante algún tiempo antes de iniciar vuelo. El diseño de cajones de transporte a campo, de pupas a punto de emerger con la finalidad de liberación, debe tomar en cuenta la información anterior.

La mayor actividad de vuelo del adulto se presenta en un lapso de tres horas partir del crepúsculo (tiempo ideal de captura de palomilla silvestre). Se ha observado que la hembra presenta dos momentos de vuelo: cuando emerge buscando un lugar apropiado para el apareamiento (restos de maleza o el propio maguey) y que le brinde protección. Un segundo, de mayor actividad, es al momento de buscar dónde depositar sus huevecillos. Los machos por otra parte, presentan significativamente mayor actividad de vuelo, se pueden desplazar a grandes distancias en busca de la hembra, atraídos por sus feromonas o fuentes luminosas. Esto se demuestra con las actividades de trampeo, aprovechando la gran atracción que tienen hacia las fuentes de luz, donde el mayor porcentaje de organismos capturados son machos. Es por ello que se recomienda pupar

principalmente hembras y capturar machos, con la finalidad de disminuir costos y diversificar la variedad genética.

Con la intención de alimentar a las palomillas, se hicieron distintas pruebas de alimentación por néctares y suministro de agua, mostrando una total indiferencia hacia los mismos. Al observar la probóscide o aparato bucal al microscopio, se pudo apreciar que se encuentra atrofiado, dando por resultado que la esperanza de vida de la palomilla sea mínima: de dos a tres días para el macho y de tres a cuatro para la hembra en campo. Su objetivo principal y único es la reproducción.

Por último, en las diferentes ocasiones en que se han puesto a pupar lotes completos y durante varios años de pruebas, se encuentra invariablemente un balance general uno a uno entre el número de machos y hembras. Hasta el momento no se ha podido determinar el número de veces en que una hembra es fertilizada o el número de hembras que un macho fertiliza. Todo hace suponer que las hembras sólo se aparean por única vez, debido a su prisa de ovipositar, por su corto periodo de vida, por la urgencia de hacerlo ante al menor signo de peligro y finalmente por no haberse detectado mas de un apareamiento de una misma hembra, a lo largo de varios años de observación directa.

HUEVO.

Las pruebas hechas intentando incubar el huevecillo en laboratorio a distintos porcentajes de humedad relativa, hasta el momento han resultado inútiles. Se desconoce cuál o cuáles sean los factores que intervienen en su incubación, solamente se ha observado en campo una relación estrecha entre las primeras lluvias con el momento de eclosión. Lograr controlar y manipular las condiciones en que incuba el huevecillo daría pauta de cambiar de fuente de pie de cría con la gran ventaja de obtener organismos libres de parásitos.

La experiencia que se tiene respecto a la obtención de huevo fértil, es la de colocar las pupas a punto de emerger en enmallados de tela mosquitero al aire libre con una altura mínima de dos metros (difícilmente se aparean en jaulas pequeñas dentro de cuartos cerrados). Colectar al siguiente día las hembras fertilizadas y extraerles el huevecillo directamente de su vientre para

evitar que el huevo sea cubierto por material cementante con que la hembra los une al ovipositar u obligándola a ovipositar y manejar el huevecillo en masas o con el remojo y posterior lavado con agua para separarlos y trabajarlos individualmente.

COLONIZACIÓN.

En el proyecto se plantea que sea la propia palomilla la que colonice las poblaciones de maguey, sobretodo si se carece del conocimiento y tecnología adecuada para la producción y manejo del huevo y los criterios que toma en cuenta la hembra para elegir a su hospedero.

Dentro de las pruebas hechas para detectar algún patrón de selección del hospedero por parte del adulto, se plantaron 130 magueyes en una superficie de 100 m² previamente seleccionados: libres de ataque previo por GRM, con portes de 20 a 90 cm, enmallado para evitar emigraciones, donde la colonización se dio al azar y el único patrón de comportamiento detectado fue cierta tendencia de concentrarse la oviposición en las plantas ubicadas en el extremo que recibía una tenue luminosidad de una lejana lámpara de alumbrado público, no importando la talla de la planta. Tampoco existió una relación significativa entre el número de organismos y la altura del maguey, pero sí entre el número de organismos y la densidad radicular; a mayor ataque menor densidad de raíces. Por último la relación reportada en la bibliografía, en relación con la coloración rojiza de la planta de maguey por efecto de la colonización por GRM, no se manifestó al momento de ser infestado, sino hasta el segundo año.

Finalmente, es importante señalar la gran capacidad de recuperación del maguey al ser arrancado para extraerle las larvas, se valoró una pérdida del 10 al 15% de mortandad de plantas replantadas inmediatamente después de su remoción, para el segundo año. Por lo que se recomienda realizar ésta práctica para minimizar daños a la planta por este concepto, aunque no se ha valorado aún en qué porcentaje vuelven a ser colonizados, es importante darle oportunidad al maguey de continuar su ciclo de vida.

7. RECOMENDACIONES.

7.1. LUGAR DE PLANTACIÓN Y SIEMBRA.

Las recomendaciones metodológicas que a continuación se plantean están basadas en los resultados, observaciones y experiencias en el estudio del ciclo de vida del GRM, no pretende ser un manual, sino una primera referencia que puede ser tomada en cuenta para el manejo de *Unidades de Producción Rural (UPR)* constituidas por parcelas de 400 magueyes en una superficie de 400 m² para el año 0-1, también llamada fase de reintroducción de gusano.

ADQUISICIÓN DEL MAGUEY. Se recomienda adquirir plantas de maguey de preferencia mansos (*Agave salmiana*), que deberán ser jóvenes de 20 cm a 30 cm de altura y sin síntomas de daño por plagas o enfermedades. Se tratará también de incluir algunos magueyes cenizos (*Agave mapisaga*), para evitar en lo posible el monocultivo por un lado, además de ser las especies tradicionalmente infestadas por gusano rojo y de más fácil adquisición en el mercado. Es conveniente la participación de los productores en el proceso de trasplante desde el vivero de origen y efectuar las operaciones de arranque, limpieza y desbarbado del maguey.

LUGAR DE LA PLANTACIÓN. Es de vital importancia ubicar la plantación lejos de fuentes luminosas (focos y alumbrado eléctrico), en terrenos pobres o erosionados con poca o nula capa arable, lejos de terrenos donde se empleen pesticidas y que se pueda tener seguridad y/o vigilancia.

PLANTACIÓN DEL MAGUEY. Los magueyes seleccionados se deshidratan a la sombra durante dos semanas a fin de evitar pudriciones en la plantación antes de llevarlos al terreno plantarlos. En la UPR, la distancia entre hileras y plantas es de 1.0 m dando una densidad de 10 000 plantas por hectárea. Se recomienda efectuar la siembra fuera de la época de lluvias, es decir de febrero a abril.

7.2. PIE DE CRÍA.

El programa de manejo extensivo del sistema productivo de maguey-gusano rojo, al igual que el intensivo, contempla la recolección de GRM directamente en el campo evitando la adquisición del

organismo proveniente de acaparadores y comerciantes, en donde se recomienda que los productores sean los responsables directos de colecta de GRM en el campo.

A partir de este momento el material biológico deberá ser procesado, previa capacitación, por el mismo productor en lugares con buenas condiciones sanitarias que permitan limpiarlo, seleccionarlo y mantenerlo hasta el momento de inducir del proceso de pupación y posteriormente llevar a cabo este proceso en condiciones semicontroladas, es decir, con mínima intervención humana, evitando en lo posible la depredación y la transmisión de enfermedades.

El manejo extensivo establece una metodología que permite al productor común acceder y desarrollar, con un mínimo de conocimientos e inversión, los trabajos requeridos en la manipulación del GRM.

7.3. COLECTA Y MANEJO DEL PIE DE CRÍA.

COLECTA DE PIE DE CRÍA DE GUSANO ROJO DE LA REGIÓN.- Los productores deben participar activamente en la adquisición del GRM por colecta directa a pie de maguey o por adquisición a conocidos, esto a fin de evitar desde el inicio la entrada de organismos enfermos o parasitados y para garantizar el manejo aséptico de los gusanos. Es importante en este punto el no adquirir organismos de los acaparadores por las mismas razones de sanidad y con ello evitar la diseminación de enfermedades y parásitos a otras regiones. Además de no adquirir gusanos extraídos directamente de la planta, para garantizar la madurez del chilincuil. El gusano que emerge por sí mismo de la planta es garantía suficiente de su madurez.

PRESELECCIÓN DE INDIVIDUOS SANOS DE GUSANO ROJO. Una vez adquirido el pie de cría se efectuará una primera selección cuidadosa de organismos sanos y vigorosos, eliminando a todos aquellos que presenten apariencia anormal o manchas en el cuerpo. Cada vez que se manipulen los organismos, debe realizarse con las manos limpias y desinfectadas y/o con empleo de guantes de látex.

CUARENTENA. Los organismos seleccionados se mantienen en recipientes oscuros, limpios y cubiertos con manta de cielo durante dos a tres semanas como mínimo, (con lo cual se asegura eliminar más del 60% de organismos enfermos), sin alimento alguno, incluyendo la tortilla. Debe

evitarse la aglomeración excesiva (2 a 3 cm de altura máximo). Deben revisarse diariamente para eliminar organismos muertos y guardarse en un lugar fresco fuera del alcance de moscas y roedores.

SELECCIÓN. Después de las dos semanas se realiza una selección final de organismos, eliminando nuevamente a todos aquellos que presenten apariencia anormal o manchas en el cuerpo. Los organismos obtenidos en esta etapa son los que se emplearán en la siguiente fase.

7.4. INDUCCIÓN DE LA PUPACIÓN.

7.4.1. SISTEMA EXTENSIVO.

- *Se efectuará en* 10 cajones de madera de 100 x 100 x 30 cm de altura, con una división central y distribuidos uniformemente en la UPR.
- *Organismos:* 3,000 organismos/UPR previamente seleccionados, para garantizar una población aproximada de 800 parejas, 2 parejas por planta.
- *Sustrato:* 2 1/2 botes de 20 lt por cajón, de preferencia tierra de tepetate cribada (criba de 0.5 cm), o un material que no se compacte y desinfectada por calor húmedo para cubrir una profundidad de 5 cm

ACONDICIONAMIENTO DE LA CAJA DE PUPACIÓN

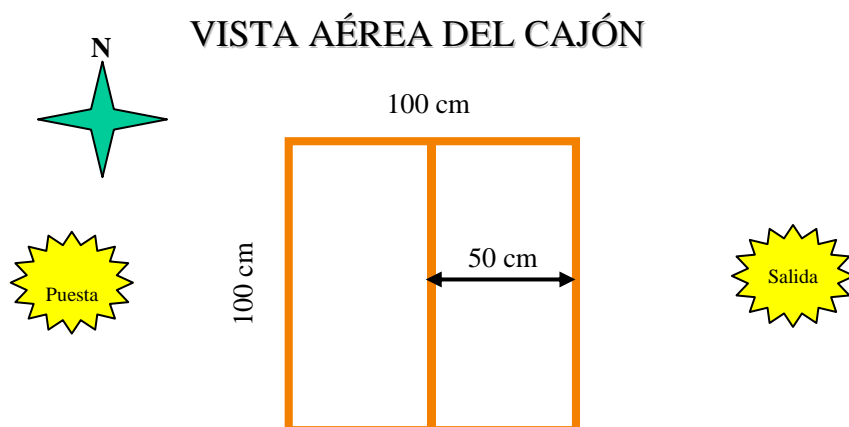


Figura 26. Vista aérea del cajón de pupación

Acondicionamiento: Es importante colocar los cajones orientados para evitar la sobrepoblación de pupas en un costado del cajón por atracción del sol como se muestra en la Figura 26.

También es importante colocar los cajones enterrados a 15 cm en su parte externa (Figura 27) y 5 cm parte

interna, llenar el cajón con tierra cribada sin desinfectar a una profundidad de 10 cm, posteriormente con 5 cm de tierra cribada y desinfectada. La última capa debe estar sobre el nivel del suelo y por lo menos 10 cm por debajo del nivel superior del cajón (Figura 28).

- *Inducción a pupación:* se humedece la tierra (con agua libre de cloro), a capacidad de campo. Colocar 300 larvas por caja (150 en cada sección, orientada de la parte ancha en dirección a la salida del sol) y cubrirla con malla mosquitero metálica para protección y confinamiento de los organismos.
- *Protección en el área de pupación.* El área destinada para colocar los puparios debe estar protegida contra el ataque de roedores o cualquier otro animal que altere o dañe los puparios.

EXTERIOR LATERAL DEL CAJÓN



Figura 27. Profundidad a la que se recomienda enterrar la caja de pupación.

INTERIOR LATERAL DEL CAJÓN

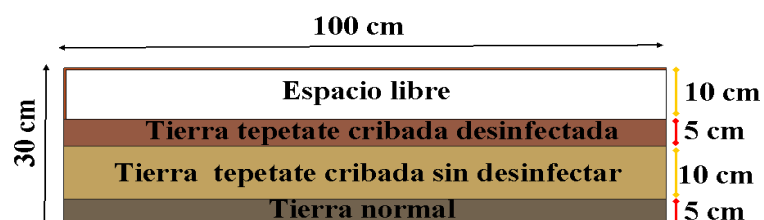


Figura 28. Distribución de sustratos y niveles para la caja de pupación.

EMERGENCIA DE LA PALOMILLA. A principios del mes de enero deben realizarse inspecciones diarias para detectar lo más rápido posible las primeras emergencias de adultos o palomillas. Una vez iniciada la emergencia debe retirarse la malla metálica y sustituirla por plástico transparente dejándole una abertura de 10 cm por un lado del cajón y por encima del mismo, orientada de tal forma que no penetren por ella los vientos dominantes.

PROTECCIÓN ADICIONAL. Si la UPR no cuenta con malla protectora, es necesario proteger los cajones contra el ataque de roedores y aves. Se sugiere emplear materiales que en los costados no permitan el acceso a roedores y en la parte superior a las aves pero que permitan la salida de la palomilla por ejemplo tela de gallinero para la cubierta.

**Cuadro 2. COSTOS GENERALES POR UPR PARA EL AÑO 01
CON 10 COMPARTIMENTOS DE PUPACIÓN.**

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO U. \$	SUBTOTAL \$
PLANTA	400	15	6 000
GUSANO	3 Kg	1 000	3 000
MATERIAL PUPACIÓN	Madera, malla, etc.	2 500	2 500
OTROS	gas	1 500	1 500
(para 2009)		TOTAL	13 000

ESTABLECIMIENTO DEL VIVERO DE MAGUEY PROTEGIDO CON ENMALLADO MOSQUITERO SOBRE ESTRUCTURA TUBULAR. Las dimensiones del vivero son las mismas que la de las UPR (400 m²). Esta medida tiene el doble propósito de confinar a la palomilla de GRM y de brindar protección contra el ataque de aves y roedores. En lo posible respetar la altura de 2.20 m al centro y mínimo 1.7 m en los laterales.

ESTABLECIMIENTO DE SISTEMA DE TRAMPEO CON LUZ PARA ATRACCIÓN DE PALOMILLAS SILVESTRES Y LIBERACIÓN EN LOS VIVEROS PARA AUMENTO DE BASE GENÉTICA. Éste se efectúa fuera de los viveros y una vez que se inicie la emergencia en el campo. Se requiere adquirir lámparas recargables fluorescentes por UPR, se emplearán tubos de luz blanca proyectando sobre pantallas de tela colocadas en plano inclinado a unos 65° y se colectan directamente las palomillas o bien con diseños de trampas que resulten eficientes.

AREAS DE COLONIZACIÓN DEFINIDAS SIN EMPLEO DE MALLA. Las superficies que se deseen colonizar, sin afectar magueyeras aledañas y que a su vez atraigan palomilla de los alrededores, se plantea colocar una lámpara del tipo de iluminación pública con alimentación solar al centro de la UPR, ya que estamos hablando de un organismo de hábitos nocturnos y gran fotosensibilidad.

VIGILANCIA PERMANENTE CONTRA ROEDORES, Y OTROS DEPRADADORES. Se deberán efectuar revisiones de presencia de roedores, hormigas e incluso de vándalos para proceder a medidas pertinentes

Cuadro 3. Depredadores de Comadia redtenbacheri en sus distintas fases de vida.

MESES	ETAPA	DEPRADADOR
Octubre a Enero	Pupa	Roedores
Enero a Marzo	Palomilla	Aves, murciélagos
Marzo a Agosto	Larva pequeña	Zorrillo, tuza
Septiembre a Octubre	Larva comercial	Saqueadores

EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE COLECTA NO DESTRUCTIVAS. Se practicarán levantamientos del maguey con ayuda de tripié, poleas y cuerdas para evitar al máximo posible daños al GRM y al maguey el cual deberá ser replantado cuidadosamente.

7.4.2. SISTEMA INTENSIVO.

El programa de Manejo Intensivo del sistema productivo de maguey-gusano rojo contempla, al igual que el sistema extensivo, la recolección de gusano rojo (GRM) directamente en el campo evitando la adquisición del organismo proveniente de acaparadores y comerciantes, que debido a un manejo masivo del material en pésimas condiciones sanitarias solo provoca la transmisión de enfermedades y mortalidades que llegan a niveles del 100%.

A partir de este momento, el material biológico deberá ser procesado en instalaciones con buenas condiciones sanitarias que permitan limpiarlo, seleccionarlo y mantenerlo hasta el momento de la inducción del proceso de pupación, realizando el proceso en condiciones controladas evitando contaminación y la transmisión de enfermedades. Esto requiere de módulos de cría que son los espacios donde se llevarán a cabo estas actividades y que corresponden a sencillos laboratorios a partir de los cuales se obtendrán palomillas adultas para su liberación en el campo y que serán los progenitores de los nuevos gusanos rojos en el vivero.

Los módulos de cría pretenden ser un centro de maquila y control sanitario, donde los productores interesados en colonizar sus plantaciones de maguey, puedan llevar su pie de cría como gusano y se les regrese como palomilla cubriendo un costo por manejo, pero con todas las ventajas que presenta el manejo intensivo.

Prototipo.

Partiendo de una construcción preexistente o nueva de tabique o block con uno o dos cuartos contiguos que en conjunto cubran alrededor de 32 m² (prototipo). Deberá contar con techo de losa de concreto o lámina aislante térmica de tres capas a una altura mínima de 2.50 m, con corriente eléctrica, línea de agua potable, gas y drenaje, con puertas y ventanas metálicas.

Es importante que la instalación esté en una zona “limpia” fuera de la influencia de animales de granja, de agroquímicos, de solventes, de aguas negras y establos.

Adaptación.

Se requiere contar con pisos recubiertos con loseta cerámica o bien cemento cubierto con material epóxico. Los muros deberán estar aplanados y lisos, cubiertos con loseta cerámica, recubierto o pintado.

Instalación eléctrica con al menos dos contactos tomacorriente en cada cuarto e iluminación con lámparas de tubos fluorescentes (1 en el área de laboratorio y dos en el área de incubación).

Cuartos de cría.

Dimensiones mínimas requeridas 8 X 4 = 32 m². Distribuidos de la forma en que se muestra en la figura 29.

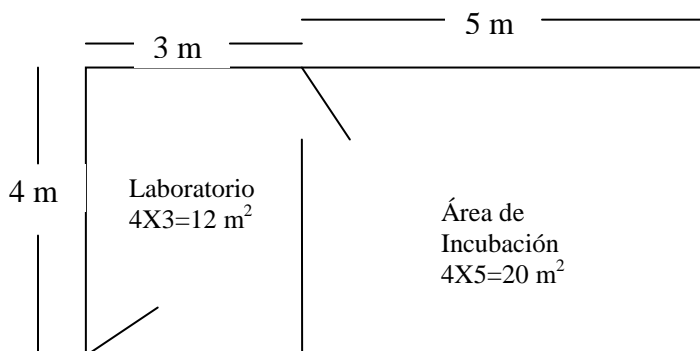


Figura 29. Dimensiones mínimas recomendadas del cuarto de cría

Metodología.

Los principios para este sistema son relativamente simples. Al realizar pruebas de distintos sustratos, se detectó que algunos organismos no necesitaban de sustrato alguno para pupar, pero que lo hacían dentro de recipientes que representaban para el gusano el ambiente protector del capullo.

En un inicio el trabajo de laboratorio se realizaba en charolas conteniendo sustrato de tierra tepetate, lo cual requería de pesadas estructuras que lo sostuvieran y la densidad de organismos por unidad de superficie era relativamente baja. Al eliminar el sustrato y el empleo de materiales ligeros, se abaratan los costos y el trabajo y nos permite manipular a los organismos independientemente con todas las ventajas que con ello conlleva.

INDUCCIÓN A PUPACIÓN. El proceso es simple. Se colocará al organismo seleccionado en pequeños frascos de plástico o de vidrio, de manera individual para un completo control o en parejas y hasta grupos de tres con miras de una mayor optimización sin problemas significativos. Los frascos deberán estar tapados, pero con un pequeño orificio, y éste a su vez cubierto con una pequeña membrana que impida la pérdida de humedad, pero que permita el intercambio gaseoso. Dando con ello condiciones similares a las del capullo.

CONDICIONES DEL CUARTO DE CRÍA. El elemento medioambiental a controlar es básicamente la temperatura, para lo cual se debe de contar con sistemas de control de temperatura que permita el registro de la maduración de las pupas mediante el control de horas calor acumuladas.

MANEJO. El seguimiento se puede dar en muchos sentidos, por lotes, de acuerdo a su lugar de origen o propietario, maduración, etc. Paulatinamente se eliminan los organismos que presentan síntomas de enfermedades o parasitismo posteriores a la cuarentena inicial, y los que jamás pupan por estar parasitados de avispas. Las pupas que presenten mayor retraso, deberán de moverse a zonas más calientes (partes altas de los anaqueles) y las más avanzadas a las menos calientes (partes bajas de los anaqueles).

PREEMERGENCIA. Por lo menos dos semanas antes de la emergencia deberán aclimatarse los organismos a las condiciones de campo, mediante el manejo de temperatura. Recordemos que la emergencia se da en los meses de enero a marzo, en pleno invierno en cuyos días la temperatura del suelo desnudo es muy elevada y la de la noche es muy baja.

EMERGENCIA. Cuando las pupas maduras estén a punto de emerger, deberán retirarse del contenedor y ser colocadas en cada uno de los orificios de los semilleros de unicel con su parte anterior hacia arriba y la posterior hacia abajo. Lo anterior permitirá manejar las pupas al lugar de la colonización y simular las condiciones del capullo para darles posibilidades de que puedan deshacerse de su exhubia.

Cuadro 4. Cuadro comparativo del sistema intensivo y extensivo de producción de palomilla de gusano rojo de maguey.

INTENSIVO	EXTENSIVO
Permite un <i>control total</i> de parásitos y enfermedades	Permite un <i>control parcial</i> de parásitos y enfermedades
<i>Control total</i> del desarrollo de pupas	<i>Sin control</i> en el desarrollo de pupas
<i>Alta</i> cantidad de organismos por unidad de superficie	<i>Baja</i> cantidad de organismos por unidad de superficie
Mayor porcentaje de emergencia	Menor porcentaje de emergencia
Permite manipular emergencia por sexos	No se puede determinar la coincidencia en la emergencia de sexos
Amplia capacitación	Mínima capacitación
Personal especializado	Al alcance del productor común
Instalaciones especiales	Instalaciones rústicas
Alta inversión inicial	Baja inversión inicial
A mediano y largo plazo	De aplicación inmediata
Permite abastecer a 30 UPRs	Una sola UPR

8. CONCLUSIONES.

El conocimiento del ciclo biológico del gusano rojo del maguey (GRM, *Comadia redtenbacheri*), no ha sido sencillo y los avances logrados se deben al trabajo de equipo, que han permitido ampliar las posibilidades de establecer ciertas bases para su manejo en vías de una explotación controlada o semicontrolada, pero accesible al productor o asociaciones de productores.

El proyecto está enfocado hacia las áreas semiáridas del Altiplano Mexicano donde la marginación, pobreza, mala alimentación y falta de oportunidades originan migración de la población joven y donde la agricultura no es una opción viable, sobre todo en terrenos no aptos para la agricultura y donde la planta del maguey está siendo amenazada.

Se puede manipular el ciclo biológico del GRM con miras hacia una explotación racional de los recursos naturales de dichas zonas, dándole al insecto las condiciones naturales para su desarrollo (ambiente y hospedero) y con ello obtener un producto sano y de calidad, y por lo tanto comercial.

Uno de los mayores retos que se tienen, es disminuir el efecto que presentan los enemigos naturales tales como el díptero que los parasita, el ataque de aves, roedores y murciélagos, en cada uno de las diferentes fases de crecimiento.

El sistema de producción de palomilla extensivo planteado, por sus características, va enfocado primordialmente al productor, el cual con un financiamiento mínimo, puede iniciar su infestación. Por otro lado el sistema de producción de palomilla intensivo, va enfocado para ser desarrollado por alguna asociación de productores o dependencia gubernamental debido a su inversión inicial, y mayores y mejores alcances.

Aún existen muchas interrogantes y puntos oscuros que aclarar como los criterios de selección de la planta por parte de la hembra, cuántas veces es apareada en realidad, las condiciones exactas que detonan la incubación y eclosión del huevo, en qué momento y cómo es parasitada la larva, cuántas veces es infestada una planta de maguey y cuántas infestaciones puede resistir, por citar algunos ejemplos. Se debe recordar que la domesticación de un organismo no se da en unos cuantos años,

lleva generaciones. La propia experiencia nos indica que al trabajar con seres vivos siempre se tendrá un amplio margen de incertidumbre.

9. BIBLIOGRAFIA.

- Alvarado, M. y Escamilla, P. 1982. Estudio de los insectos utilizados como alimento humano en el estado de Oaxaca. Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. México. 183 p.
- Ancona L., H. 1931. Los chilocuiles o gusanitos de la sal de Oaxaca. Anales del Instituto de Biología. UNAM. México. 2: 265-267.
- Ancona, L., H. 1934. Los gusanitos del maguey. Anales del Instituto de Biología. México. 5:193-199.
- Ancona, L., H. 1934. Histología de los gusanitos del maguey. Anales del Instituto de Biología. UNAM. México. 5: 353-361.
- Blázquez, I. 1870. Insectos del maguey. La naturaleza, primera serie. México. 1: 280-290.
- Chen E., N. P. y Osorno V., J. L. 1982. Estadio preliminar sobre la biología del gusano blanco del maguey. Promotora del maguey y del nopal. Colección de estudios y proyectos. No. 33: 2 y 3.
- Chen E., N. P. y Osorno V., J. L. 1984. Estudio de la biología y cría artificial del gusano blanco del maguey. Tesis profesional. ENEP- Iztacala. UNAM. México. P. 37-71.
- Dampf, A. 1923-24. Estudio morfológico del gusano del maguey (*Acentrocneme hesperiaris* Wick) . Revista Mexicana de Biología. 4: 1-15.
- Dampf, A. 1927. Contribución al conocimiento de la morfología de los primeros estados de *Hypopta agavis* Blasquez *chilodora* (Dyar) (Lepidoptera, Familia Cossidae), plaga de los magueyes en la Mesa Central de México. Oficina para la Defensa Agrícola. Imprenta de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos. México. p.147-159.
- Dyar, H. G. 1890. The number of moults in Lepidopterous larvae. Psyche 5: 420-422.
- García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismo de la familia Agavaceae en México. In; Conservación de Plantas en Peligro de Extinción: diferentes enfoques. Instituto de Biología, UNAM, México. p. 51-70.
- Granados S., D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 252 p.

- Hernández L., R. A.; Llanderal C., C.; Castillo M., L. E.; Valdez C., J. y Nieto H., R.. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia*, 39(5): 91-99.
- José J., R. y García M., E. 2000. Remoción cuticular (“mixtote”) y desarrollo folicular en los agaves pulqueros (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. No. 066: 73-79.
- Lezama M., M. 1952. Historia, producción, industrialización y algunas plagas de agaves. Tesis, Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Llanderal C., C. y López, A. 1994. Cría del gusano blanco del maguey *Acentrocne me hesperiaris*) Walker (Lepidoptera: Megathymidae) en una dieta artificial. *Agrociencias. Serie Protección Vegetal*. 5(1): 45-52.
- López C., J. 1999. Pronóstico de plagas, *en*: Anaya, R.S. y Romero N.J. et al. (eds) *Hortalizas: Plagas y Enfermedades*. Ed. Trillas. México. p. 316-326
- Macedo E., M. 1950. Manual del magueyero. Ediciones Agrícolas TRUCCO. México, D.F. p. 38-46.
- Manzano M., J. 1989. Estudio etnobiológico del gusano del maguey (*Aegiale (Acentrocne me) hesperiaris* K, *Cossus redtenbachi* HAMM y *Scyphophorus acupunctatus* GYLL) en el municipio de Apan Hidalgo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. p. 72-79.
- Martínez M., R. 1988. Dinámica poblacional de las magueyeras silvestres el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis. Colegio de Postgraduados Chapingo. México. p. 80-82
- Nolasco M., A.; Jiménez L., J. E. y Camacho V., A. D. 2002. Inducción de la pupación y colonización del gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* Hamm. (Lepidoptera: Cossidae). *Entomología Mexicana*. 2002. 1: 125-130.
- Pérez S., P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw.) en la Mesa Central de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 25-28.
- Pineda M., G. 1983. Control químico de las plagas y enfermedades más comunes del maguey pulquero *Agave atrovirens* Karw. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 23-28.
- Ramos-Elorduy, J.; Pino M., J. M.; González M., O. 1981. *Fol. Ent. Mex.* 49, 141-154.

- Ramos E., J. 1982. Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. Editorial Limusa. México, D. F. p. 5-10.
- Ramos E., J. y Pino M., J. M. 1989. Los insectos comestibles en el México antiguo (Estudio etnoentomológico). AGT Editor. México, D. F. p. 25 y 26.
- Ramos E., J: 2000. La Etnoentomología actual en México en la alimentación humana, en la medicina tradicional y en el reciclaje y alimentación animal. Entomología Mexicana 2000, 1. 3-46.
- Ruvalcaba, M. 1983. El maguey manso: historia y presente de Epazoyucan, Hidalgo. Universidad Autónoma Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios. Series Ciencias Sociales; 4. México. p. 34-28 y p. 62-74.
- Sánchez H., A. 2003. Contribución al conocimiento de la biología del gusano rojo del maguey *Comadia redtenbacheri* Hamm. (Lepidoptera: Cossidae). Tesis Profesional. Biólogo. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN. México. p. 36 y 53.
- Varela, M. 1965. Ciclo biológico de los gusanos colorados, chilicuiles o recoles de maguey en Oaxaca. Revista Mexicana "Medicina" 46: 4.

FUENTES ELECTRÓNICAS DE INFORMACIÓN:

- Aguilar J., A. 2006. En línea: [www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/ Chef/insectos%20comestibles.htm](http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/insectos%20comestibles.htm)
- Amador M., L. 2008. En línea: www.hidalgo.contralinea.com.mx/archivo/2008/mayo/htm/pulque-maguey-extincion.htm - 36k
- Encabo J., E. 2000. Mezcal, bebida de dioses. En línea: <http://www.afuegolento.com/noticias/39firmas/encabo/1610/-44k>.
- Vergara O., M. 1999. En línea: http://www.homero.galeon.com/insectos.htm#_Toc52346448
- Hernández-Livera, J A. 2005. En línea: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2005/sep-oct/art-7.pdf>
- *In Vitro*: Luz de la ciencia. -Reintroducción del Gusano Rojo de Maguey - showings on TV, 2006. En línea: www.locatetv.com/tv/in-vitro-luz-de-la-ciencia/3915994 - 9k
- Osorio C., M. A. 2007. Decreto No. 394. En línea: http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/normateca/Doctos/Decreto_394.pdf