

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

División de Ciencias Forestales

✓ **Bionomía del psílido del pirú *Calophya rubra* (Blanchard)
(Homoptera: Psyllidae) sobre *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)** ✓

Tesis que presenta:

Rebeca Alvarez Zagoya



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Como requisito parcial
para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias
en Ciencias Forestales**

Chapingo, Estado de México

1999



879781

**Bionomía del psílido del pirú, *Calophya rubra* (Blanchard) (Homoptera :
Psyllidae) sobre *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)**

Por :

Rebeca Alvarez Zagoya

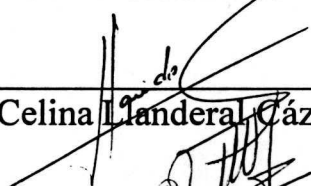
Esta tesis se realizó bajo la dirección del Dr. David Cibrián Tovar, misma que ha sido aprobada por el siguiente Comité Asesor y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ciencias Forestales

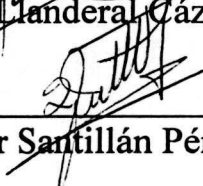
Director:


Dr. David Cibrián Tovar

Asesor:


Dra. Celina Llanderal Cázares

Asesor:


M.C. Javier Santillán Pérez

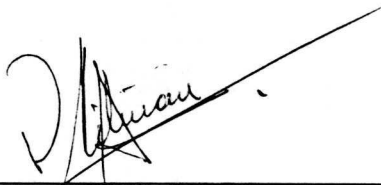
Chapingo, Estado de México, México. Enero de 1999.

33734

**Bionomía del psílido del pirú, *Calophya rubra* (Blanchard) (Homoptera :
Psyllidae) sobre *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)**

El Jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Rebeca Alvarez Zagoya**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias, estuvo constituido por :

Presidente:


Dr. David Cibrián Tovar

Asesor:


Dra. Celina Llanderal Cázares

Asesor:


M.C. Javier Santillán Pérez

Chapingo, Estado de México, México. Enero de 1999.

DEDICATORIAS

A Dios

A Marco Antonio, siempre amigo

**A Emiliano y Eliana, por su grata presencia,
su apoyo y comprensión**

A Josué y Rebeca, por su fe y fortaleza

A los que lean este escrito y les sea de ayuda

**A todos y cada uno de ustedes asesores, maestros,
amigos y colegas, dedico esta aportación**

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales por el préstamo de sus instalaciones

Al Dr. David Cibrián Tovar, Director de Tesis, por brindar continuo apoyo, conocimientos y amistad incondicional

A la Dra. Celina Llanderal Cázares y M.C. Javier Santillán Pérez, Asesores de Tesis, por sus valiosas aportaciones y sugerencias

A los profesores de la DiCiFo-UACH por brindar su tiempo y su conocimiento

Al personal que labora en el Laboratorio de Entomología y Patología Forestal por su ayuda y amistad

Al Instituto Politécnico Nacional, al CIIDIR-IPN U. Durango, a la COFAA, y a las Direcciones Académica y Administrativa

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico que me otorgó

Al M. C. Marco Antonio Márquez Linares por la asesoría estadística y la revisión del escrito de tesis

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco por permitir el uso de sus fotografías de ninfas de *Calophya rubra* en microscopía electrónica

Al M. C. J. Francisco Pérez Domínguez por la asesoría estadística

Al M. C. Refugio Lomelí F. por la determinación al género *Tamarixia*, al Dr. Robert Zuparko por determinar especímenes de la especie nueva *Tamarixia schina* Zuparko

A la M. C. Rebeca Peña M. y al Dr. Paul Da Silva por la información acerca de Psyllidae y *C. rubra* respectivamente

A los Dres. Ian D. Hodkinson, John LaSalle, Patricio Fidalgo, Michael Schauff, Fernando Zavala e Ing. José Rico C. por sus comentarios

**A cada una de las personas que de alguna forma me apoyó
Gracias a todos**

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora nació en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Estudió la carrera de Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco de donde egresó en 1983. En 1984 y 1985 trabajó como auxiliar de investigación en el campo agrícola experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH, en la ciudad de Ameca, Jalisco, con dos proyectos de investigación entomológica agrícola a su cargo. De 1985 a 1986 se desempeñó como auxiliar de investigación en LACITEMA perteneciente al INIREB en la ciudad de Xalapa, Veracruz. Desde 1986 se desempeña como investigador en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional, en la ciudad de Durango, Dgo. En este lugar ha dirigido cinco proyectos de investigación sobre plagas forestales, y colaborado en cuatro proyectos de entomología agrícola, apícola, y fauna migratoria. La autora ha participado en numerosos congresos y simposia nacionales e internacionales, además de ser autora de algunas publicaciones científicas.

RESUMEN

Rebeca Alvarez Zagoya

**Bionomía del psílido del pirú, *Calophya rubra* (Blanchard)
(Homoptera : Psyllidae) sobre *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)**

Enero 1999

(Bajo la dirección del Dr. David Cibrián Tovar)

Se estudió el ciclo de vida, los hábitos de apareamiento, oviposición y alimentación, la descripción de los instares ninfales, daños, enemigos naturales del psílido y la fenología del pirú. Las observaciones se realizaron en campo e insectario durante 1997 y 1998. El ciclo de vida del insecto varía dependiendo de la temperatura, entre 48 y 68 días de huevecillo a adulto, la hembra sobrevive en promedio dos días más que el macho. Las hembras ponen en promedio 50 huevos, aunque ovipositan hasta 110 huevos. Las mediciones del largo y ancho de 523 exuvias y ninfas indican que existen cinco instares ninfales. La media en milímetros del largo de los instares ninfales N_1 a N_5 es: 0.23, 0.34, 0.50, 0.68 y 1.07 mm, mientras que la media del ancho en milímetros de N_1 a N_5 es: 0.17, 0.28, 0.40, 0.58 y 0.99 mm, respectivamente. La separación entre instares ninfales fue analizada estadísticamente mediante la prueba de X^2 y el análisis de componentes principales. El comportamiento de *C. rubra* en campo e insectario, son similares. El daño causa la formación de agallas. Existen siete especies de depredadores potenciales y una especie nueva de parasitoide, *Tamarixia schina* Zuparko. El ciclo biológico del eulófido duró 20 días de huevecillo a adulto y el 96% de los adultos fueron hembras. El porcentaje de parasitismo fue de 10 al 28% sobre ninfas del psílido N_3 a N_5 , con una relación 1:1, sin presencia de hiperparasitismo.

Palabras clave: Insecta, *Calophya rubra*, psílidos, control biológico, *Tamarixia schina*, *Schinus*

ABSTRACT

Rebeca Alvarez Zagoya

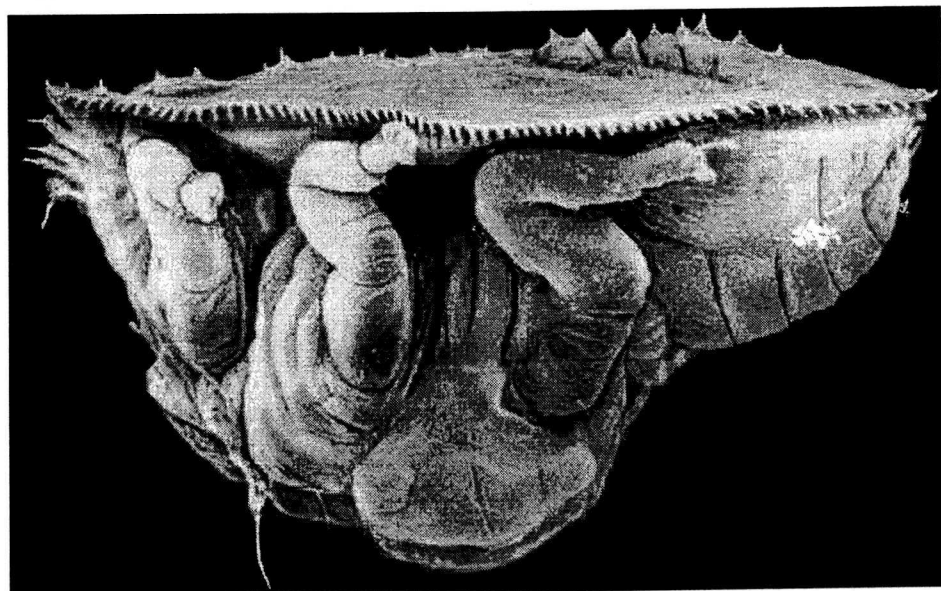
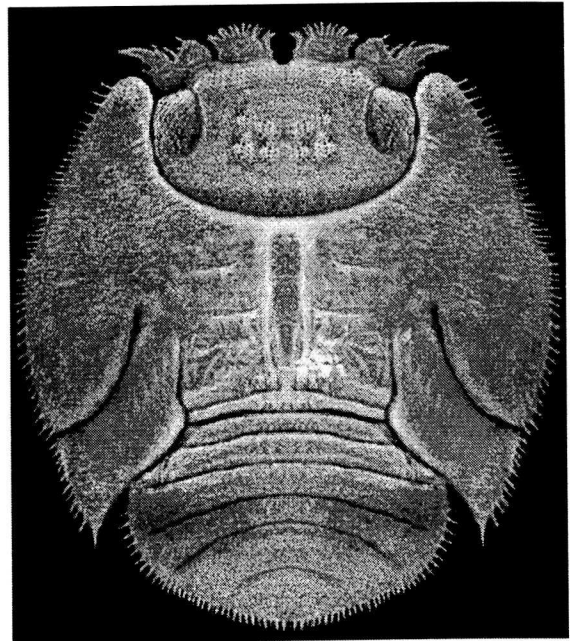
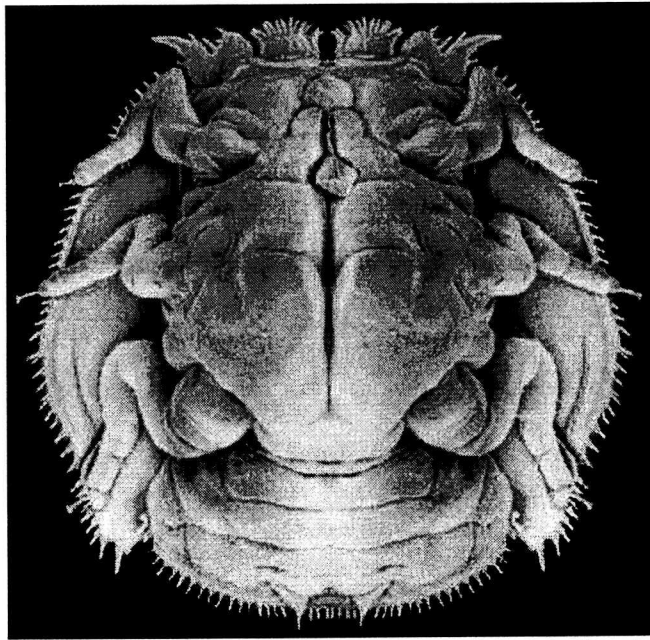
**Bionomics of peppertree psyllid, *Calophya rubra* (Blanchard)
(Homoptera : Psyllidae) on *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)**

January 1999

(Under the direction of Dr. David Cibrián Tovar)

Life cycle, mating, ovipositing and feeding behavior, nymphal instars description, damage, distribution, natural enemies of the psyllid and peppertree phenology were studied. Field and laboratory-reared observations were carried out in 1997 and 1998. Life cycle variation depends on temperature having 48 to 68 days from egg to adult; females lives two days more than male does. Each female deposits a mean of 50 eggs, even though they can oviposite 110 eggs. Long and width measurements on 523 exuvies and nymphs showed that exist five nymphal instars. Long mean in milimeters from nymphal instars N_1 to N_5 were: 0.23, 0.34, 0.50, 0.68 and 1.07 mm; mean width for N_1 to N_5 were: 0.17, 0.28, 0.40, 0.58 and 0.99 mm, respectively. Nymphal instars separation were statistically analized with X^2 -test and principal components analysis. *C. rubra* behavior was similar in field and laboratory. Gall forming is the damage from feeding behavior. There are seven potential predator species and a new parasitoid species, *Tamarixia schina* Zuparko. Eulophid life cycle lasts 20 days from egg to adult and 96% of adults emerged were females. Parasitism percentage was from 10 to 28% on psyllid nymphs N_3 a N_5 , with a 1:1 rate, without hyperparasitism.

Key words: Insecta, *Calophya rubra*, psyllids, biological control , *Tamarixia schina*, *Schinus*



Ninfas del quinto estadio de *Calophya rubra* (Blanchard) tomadas al microscopio electrónico de barrido (cortesía de Jorge Valdez Carrasco, Laboratorio de Morfología de Insectos, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de Méx.)

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Distribución geográfica y usos de <i>Schinus</i> spp. y <i>Schinus molle</i> L.	4
2.2 Taxonomía y descripción de <i>Schinus molle</i>	6
2.3 Fenología y ecología de <i>Schinus</i> spp.	8
2.4 Insectos sobre <i>Schinus molle</i>	11
2.5 Enfermedades de <i>S. molle</i> L.	16
2.6 Revisión de literatura sobre la familia Psyllidae y el género <i>Calophya</i> Löw.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1 Area de estudio	38
3.2 Arbolado de estudio.....	39
3.3 Obtención de adultos y ninfas de <i>Calophya rubra</i> (Blanchard).....	40
3.4 Ciclo de vida de <i>Calophya rubra</i> (Blanchard).....	44
3.5 Obtención de enemigos naturales de <i>C. rubra</i> (Blanchard)	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1 Descripción de los estados de <i>Calophya rubra</i> (Blanchard).....	48
4.2 Biología de <i>Calophya rubra</i> y fenología de <i>Schinus molle</i>	71
4.3 Insectos colectados	106
V. CONCLUSIONES	112
VI. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	116

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Grupo de insectos registrados en México sobre el pirú <i>Schinus molle</i>	15
Cuadro 2. Población de <i>Calophya rubra</i> (Tuthill) en Chapingo, Edo. de México	28
Cuadro 3. Población de <i>C. rubra</i> (Blanchard) en el área de la Bahía de San Francisco, California.....	29
Cuadro 4. Datos de huevecillos de <i>C. rubra</i> (Blanchard) en Chapingo, Edo. de Méx	51
Cuadro 5. Mediciones de adultos de <i>C. rubra</i> en Chapingo, Edo. de Méx.....	59
Cuadro 6. Estadísticas del largo de las ninfas de <i>C. rubra</i>	59
Cuadro 7. Estadísticas del ancho de las ninfas de <i>C. rubra</i>	60
Cuadro 8. Estadísticas del largo de las exuvias de <i>C. rubra</i>	60
Cuadro 9. Estadísticas del ancho de las exuvias de <i>C. rubra</i>	60
Cuadro 10. Probabilidad estimada de W para la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para los estados de desarrollo ninfal de <i>C. rubra</i> y de sus exuvias.....	63
Cuadro 11. Cálculo del tamaño de muestra para el largo y para el ancho de las exuvias	65
Cuadro 12. Estadísticas del primer componente principal para estados ninfales de <i>C. rubra</i> y probabilidad del estadístico W.....	67
Cuadro 13. Prueba de significación (X^2) del ancho en mm de las exuvias de <i>C. rubra</i>	69
Cuadro 14. Pruebas de t entre pares de medias para contrastar el largo de las poblaciones de <i>C. rubra</i> medidas en mm, en California, EUA y en Chapingo, Méx.	70
Cuadro 15. Pruebas de t entre pares de medias para contrastar el ancho las poblaciones de <i>C. rubra</i> medidas en mm, en California, EUA y en Chapingo, Méx.	70
Cuadro 16. Medición de adultos de <i>Tamarixia schina</i> Zuparko en Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.....	99
Cuadro 17. Grupo de insectos asociados al pirú <i>Schinus molle</i> L. encontrados durante el estudio	107
Cuadro 18. Grupo de insectos enemigos naturales potenciales de <i>C. rubra</i> (Blanchard) encontrados durante el estudio.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas de <i>Calophya rubra</i> (Blanchard)	24
Figura 2. Esquemas generalizados de los diferentes tipos de agallas por el género <i>Pachypsylla</i> (Homoptera: Psylloidea) (tomado de Yang and Mitter, 1994).....	31
Figura 3. Daños por <i>Calophya rubra</i> en campo y laboratorio	41
Figura 4. Técnica empleada para la emergencia de insectos parasitoides de <i>C. rubra</i>	47
Figura 5. Adultos, ninfas y huevecillos de <i>C. rubra</i>	50
Figura 6. Ninfas y exuvias de <i>C. rubra</i>	53
Figura 7. Rangos de valores del largo de las exuvias ninfales de <i>C. rubra</i>	61
Figura 8. Rangos de valores del ancho de las exuvias de <i>C. rubra</i>	62
Figura 9. Frecuencias del largo de las exuvias de <i>C. rubra</i>	64
Figura 10. Frecuencia del ancho de las exuvias de <i>C. rubra</i>	64
Figura 11. Dispersión de los cinco estados ninfales de <i>C. rubra</i> mediante componentes principales	68
Figura 12. Esquema de la fenología vegetativa y reproductiva de <i>Schinus molle</i> en la región de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.....	73
Figura 13. Temperatura en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998).....	74
Figura 14. Porcentaje de humedad relativa en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998)	75
Figura 15. Temperatura (bulbo húmedo), precipitación y evaporación en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998).....	75
Figura 16. Variación de la población de psílidos adultos de <i>C. rubra</i>	90
Figura 17. <i>Tamarixia</i> y <i>T. schina</i> Zuparko: caracteres morfológicos	98
Figura 18. Fluctuación de adultos de <i>Tamarixia schina</i> y de <i>C. rubra</i>	104

I. INTRODUCCIÓN

Los árboles urbanos y suburbanos proveen beneficios ambientales, escénicos y económicos a la población humana. Los árboles dan sombra y protección contra el viento y polvo, reducen el ruido y la contaminación; son hábitat de especies animales y aumentan la calidad escénica. Uno de los árboles que se considera naturalizado y que existe en México desde tiempos coloniales, es el pirú *Schinus molle* (L.). Este árbol proporciona protección al suelo de muchos lugares del Altiplano de México, es refugio de fauna nativa y migratoria y tiene un significado afectivo para muchas familias mexicanas al dar sombra en casas habitación o en campos abiertos. Su fácil adaptación en suelos degradados o en sitios con poca precipitación lo convierte en un elemento forestal de relevancia. Las plagas y enfermedades, así como la contaminación en áreas urbanas y suburbanas, han reducido el vigor, y por ende, el aspecto del arbolado.

En California se realizaron estudios sobre insectos del pirú y se nombraron algunas de las especies que afectan a *Schinus molle*, la cual es una planta de ornato muy apreciada (Harris, 1980; Downer *et al.*, 1988; Johnson y Lyon, 1991; Dreistadt *et al.*, 1994). Por el contrario, en el estado de Florida, la especie *Schinus terebinthifolius* Raddi se considera una planta agresiva o maleza, por lo que la mayoría de los trabajos sobre entomofauna asociada al pirú brasileño se realizaron con fines de encontrar fitófagos que reduzcan las poblaciones de éste pirú (Cassani, 1986; Cassani *et al.*, 1989; Bennett *et al.*, 1990).

Schinus molle es una planta originaria de Sudamérica, al igual que los insectos que se alimentan de ella, por lo que la descripción de los psílidos y su revisión taxonómica se efectuó en esa región por Tuthill (1959) y Burckardt (1988) para *S. molle* y otras especies más. La presencia de varias especies de psílidos exóticos en países donde recientemente se ha observado la incidencia de esas poblaciones, ha conducido a la búsqueda y aplicación de enemigos naturales que las reduzcan (Jensen, 1957; Westigard y Berry, 1968; Clausen, 1970; Hagen y Dreistad, 1990; Wheeler y Rawlins, 1993; Patil *et al.*, 1993; Mead, 1994). Los enemigos naturales (nativos o introducidos) de los psílidos abarcan parasitoides (Chu *et al.*, 1991), arácnidos (Bogya, 1995), hongos (Ahmad, 1993) y depredadores (Thirumurthi y Annamali, 1995).

Los trabajos efectuados sobre plagas y enfermedades del pirú en México, se han presentado de forma aislada, haciendo mención de algunas de las especies más comunes que lo afectan (Trueba, 1993; Martínez y Chacalo, 1994; Cibrián *et al.*, 1995). En particular para la plaga del psílido del pirú, Cibrián (1991) la reporta como una nueva especie y presenta parte de su estudio poblacional en México. Cibrián *et al.* (1995) señalan que la especie del presente estudio se encuentra distribuída en el Distrito Federal, Estado de México, Querétaro, Morelos, Michoacán, Hidalgo, Veracruz, Puebla y Tlaxcala.

Aparte de los anteriores, se desconoce de algún otro trabajo sobre el psílido del pirú en México, por lo que el presente trabajo contribuye al conocimiento de la especie *Calophya rubra* (Blanchard) (Homoptera: Psyllidae), plaga que ha afectado al follaje del pirú desde

hace poco más de una década, reduciendo la calidad estética del arbolado en la región centro del país (Cibrián, 1991). Para su desarrollo se plantearon los siguientes objetivos:

- (1) determinar el ciclo biológico y el comportamiento del psílido del pirú *Calophya rubra* Blanchard) (Homoptera: Psyllidae); y,
- (2) obtener de los enemigos naturales del psílido del pirú en Chapingo, Edo. de Méx.

II. ANTECEDENTES

2.1 Distribución geográfica y usos de *Schinus* spp. y *Schinus molle* L.

2.1.1 Distribución. El pirú ó pirul es una especie nativa de Sudamérica y se encuentra actualmente en 20 países. En el Continente Americano existen las especies siguientes : *Schinus molle* L., *Schinus latifolius* Engl., *Schinus lentiscifolius* (L.), *Schinus longifolius*, *Schinus terebenthifolius* Raddi, *Schinus patagonicus*, *S. dependens* Ortega, *S. polygamus* (Cav.) Cabr. y *S. polygamus* f. *arrenicola* (Haum.) Cabr. Algunas de ellas se encuentran sólo en Sudamérica, mientras que otras se han distribuido más allá de este subcontinente. Los árboles de este género se encuentran en pendientes secas y arenosas de los Andes, desde Argentina, Paraguay, Chile, hasta Ecuador, Brasil, Puerto Rico y México. En EUA *Schinus molle* y *S. terebinthifolius* se distribuyen al sur de Arizona y California, en Texas y en Louisiana con fines ornamentales, mientras que en las islas Hawaii, las Bermudas, Bahamas y más recientemente en Australia, el pirú se ha vuelto agresivo, ya que desplaza rápidamente a la vegetación nativa, dándole sombra (Ewel *et al.*, 1982; Bennett *et al.*, 1990; Cassani *et al.*, 1989). *S. terebinthifolius* es una especie ornamental introducida en 1891 al sur de Florida, aunque se conoce de su presencia ahí 50 años antes (Gogue *et al.*, 1974). La especie *Schinus molle* se introdujo de Perú hacia California, a finales del siglo XIX para plantarla en las calles de Riverside (Howard y Minnich, 1989). Hasta ahora ha sido ampliamente cultivada y naturalizada en los trópicos. En México, esta especie fue introducida durante la Colonia y es considerada como especie nativa, aunque es una especie exótica naturalizada. El pirú tiene amplio potencial de adaptación a diferentes áreas y condiciones, y se distribuye en la zona templada seca del altiplano, encontrándose en

matorrales xerófilos y pastizales perturbados con vegetación secundaria, en pedregales y lomeríos. El pirú forma parte importante del arbolado urbano y suburbano en por lo menos 13 estados del país (Edo. de Méx., D.F., Hgo., Ver., Pue., Oax., Tlax., Gto, SLP, Zac., Dgo., Coah., BCN) (Little, 1953; Leopold, 1972; Rzedowski y Rzedowski, 1979; Cibrián *et al.*, 1995).

2.1.2 Usos. El pirú es usado principalmente como planta de sombra y ornato a la orilla de los caminos, en calles, parques y jardines, además de ser una especie óptima para el establecimiento de cortinas rompevientos y para controlar la erosión (Niembro, 1986; Martínez y Chacalo, 1994). Tiene una gran diversidad de usos potenciales tales como el aprovechamiento químico e industrial de los aceites esenciales de sus hojas y frutos, resina, usos médicos (analgésico, antidepresivo, antiespasmódico, astringente, balsámico, diurético, expectorante, hipotensivo, purgativo, estomacal, tónico, estimulante uterino), ornamentales, de construcción, de leña, de tinción de pieles, como bebida refrescante, como árbol que ofrece alimento y refugio a aves nativas y migratorias, y como especie que tiene efectos fungicidas, antibacterianos, antimicrobianos, antivirales, alelopáticos, repelentes e insecticidas (Dikshit *et al.*, 1986; Martínez *et al.*, 1996; Guardiola *et al.*, 1990; Abbasy, 1982; Anwar *et al.*, 1992; Kroschel y Koch, 1996; Wimalaratne *et al.*, 1996).

2.1.3 Propiedades Insecticidas. Los análisis fitoquímicos revelan que *Schinus* contiene taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas esteroidales, esteroides, terpenos (tri-, sesqui- y mono-), gomas, resinas y aceites esenciales. La mayoría de los efectos biológicos se deben a sus aceites esenciales, obteniéndose de los frutos hasta el 5% de aceite esencial y de las

hojas el 2%. Abbasy (1982) destaca el uso que tiene el pirú con su actividad insecticida a partir del extracto de sus alcaloides, los cuales han mostrado efectividad para controlar las larvas del mosquito *Culex pipiens* L., y el gusano de la hoja del algodón egipcio *Spodoptera littoralis*. A partir de las hojas de *S. molle*, se han separado 31 componentes del aceite esencial, de los cuales ocho repelen efectivamente a la cucaracha *Blatella germanica* (Guardiola *et al.*, 1990). En Pakistán, Anwar *et al.* (1992) probaron extractos vegetales a partir de hojas de *S. molle* sobre larvas del barrenador del tallo *Scirpophaga incertulas* Walker (Lep: Pyralidae, Schenobiinae) causando entre el 60 y el 70% de mortalidad. Estos autores también aplicaron extractos en adultos de *Pyrilla perpusilla* Walker (Hom: Fulgoridae) causando una mortalidad entre el 60 y 90%. Se evaluó el efecto de los extractos de las semillas de *S. molle* mediante bioensayos por Kroschel y Koch (1996) como control de la palomilla de la papa *Phthorimaea operculella* en dos casos, uno donde se inoculó a las papas con huevecillos de la palomilla después de la aplicación del tratamiento, y otro cuando las larvas estaban dentro de los tubérculos. El extracto mostró tener un buen potencial para el control de la palomilla. Wimalaratne *et al.* (1996) aislaron e identificaron repelentes y deterentes para *Musca domestica* L. a partir de extractos volátiles del follaje de *S. molle*, demostrando su bioactividad a través de bioensayos, asociada a dos compuestos, donde el ingrediente repelente principal es el piperitol.

2.2 Taxonomía y descripción de *Schinus molle*.

2.2.1 Taxonomía. El nombre científico del pirú es *Schinus molle* Linneus, el cual se deriva del griego 'skins' con el que se nombra al lentisco *Pisticia lentiscus*, considerando

que ambas especies se parecen, son resinosas y producen una goma de mascar. El término 'molle' se deriva de la raíz 'mulli', un antiguo nombre peruano.

Su ubicación taxonómica (Correll y Johnston, 1970; Bailey y Bailey, 1976) es la siguiente :

REINO ----- Vegetal
SUBDIVISION ---- Angiospermae
CLASE ----- Dicotyledoneae
ORDEN ----- Sapindales
FAMILIA ----- Anacardiaceae
GÉNERO ----- *Schinus*
ESPECIE ----- *Schinus molle*

Su nombre común proviene del lugar de donde proviene la especie, del Perú, "pirú ó pirul", árbol del Perú, peloncuahuítl, pepita, copalcoahuítl, yaca-cica, yaga-lache. También se le conoce como árbol de pimienta, pimentero, terebinto, bálsamo, gualaguay, aguaribay, ó curanday (Islas, 1986; Corkidi *et al.*, 1991).

2.2.2 Descripción. *Schinus molle* es un árbol de 6 a 15 metros de altura, dióico, perennifolio, su copa es redondeada, de ramas y ramillas flexibles hacia abajo; puede vivir poco más de cien años. Su olor se debe a la existencia de aceites esenciales y volátiles en las hojas, las cuales son compuestas, alternas, de 15 a 30 cm de largo, colgantes, con savia lechosa; los folíolos son apareados, con pecíolos de 2 a 3 cm de largo, con 15 a 40 folíolos cada hoja, miden 0.8 a 6 cm de largo, lanceolados, levemente curvados en el ápice agudo, base cuneada, margen ligeramente aserrado, superficie glabra, de tono levemente más oscuro en la superficie superior. Sus flores son pequeñas y numerosas, dispuestas en panículas muy ramificadas, axilares a las hojas terminales, de 8 a 15 cm de largo,

pubescencia corta; sus flores son de color blanco amarillento, miden poco más de medio centímetro, tienen cáliz corto, cinco sépalos semiorbiculares, glabros en la superficie exterior; cinco pétalos imbricados de 0.2 cm de largo, ovados a oblongos, diez estambres alternados con los pétalos; su pistilo es tricarpelar, tres estilos libres por arriba, tres estigmas, ovario con una cavidad, óvulo sésil, florece en primavera. Sus frutos son drupas en racimos colgantes, cada fruto mide de 6 a 8 mm de diámetro, rojo rosado ó rojos, exocarpo coriáceo, brillante, seco cuando madura, mesocarpo delgado y resinoso, cada fruto tiene una sola semilla, se presentan en otoño, manteniéndose hasta el invierno. Las ramas tienen canales resinosos en el córtex y en la médula. Su corteza es rugosa, con fisuras, color marrón oscuro, tallo nudoso (Niembro, 1986; Correll y Johnston, 1970; Bailey y Bailey, 1976; Martínez y Chacalo; 1994).

2.3 Fenología y ecología de *Schinus* spp.

2.3.1 Fenología de *Schinus* : floración, fructificación y polinización. El pirú es un árbol perennifolio que florea desde joven, y varía su floración y polinización dependiendo de la latitud, altitud, y de las condiciones climáticas en la que se encuentre. No existen datos precisos de su fenología vegetativa y reproductiva, solamente de manera general, a nivel regional.

Floración. La floración del género *Schinus* se da de manera sincrónica, es decir, al mismo tiempo año tras año; la actividad floral tiene lugar casi a la inversa que la actividad foliar.

En Florida, la floración inicia en septiembre y para mediados de octubre casi todos los árboles están floreciendo, deteniéndose la actividad a principios de noviembre; aproximadamente el 10% de los árboles florecen de marzo a mayo, algunos de éstos son los que no florecieron en octubre, aunque para la mayoría la actividad reproductiva de primavera es un segundo período de floración (Ewel *et al.*, 1982). En México, su período de floración es de marzo a mayo, aunque a lo largo del año pueden encontrarse árboles con flores y frutos (Islas, 1986).

Fructificación. La fructificación sigue a la floración. En Florida se presenta entre diciembre y febrero y luego liberan el fruto, aunque algunos árboles lo retienen hasta julio o agosto. En algunos sitios los frutos caen más rápido que en otros (Ewel *et al.*, 1982). En México se presentan en otoño, manteniéndose hasta el invierno (Niembro, 1986; Martínez y Chacalo, 1994).

Polinización. La polinización se favorece mediante los insectos siguientes: *Palpada vinetorum* (una mosca sírfida), *Apis mellifera* (abeja europea), *Polistes* spp. y *Mischocyttarus cubensis* (avispa). Se cree que las flores hembra de *S. molle* semejan a las flores macho para atraer a insectos que son polinizadores, como sucede en las Caricaceae (Ewel *et al.*, 1982). Krombein *et al.* (1979a, 1979b) presentan en su lista de himenópteros visitantes de flores de *Schinus molle* L. en EEUU y en la parte norte de México, a miembros de la subfamilia Apoidea tales como *Colletes intermixtus* Swenk, *Hylaeus mesillae cressoni* (Cockerell), *Perdita rhois rhois* (Cockerell), *Megachile brevis brevis* Say, *M. texana* Cresson, *M. occidentalis* (Fox) y *Quaylea whittieri* (Girault).

2.3.2 Ecología de *Schinus* : dispersión y germinación. Dispersión. La dispersión más importante de las semillas de *Schinus* se da por animales, aunque también se favorece por la gravedad o por el escurrimiento del agua. Los pájaros maulladores *Dumetela carolinensis* (Passeriformes : Mimidae) comen frutos de pirú, aunque viven en los bosques cerrados. Los mapaches *Procyon lotor* así como las zarigüeyas *Didelphis marsupialis* también se alimentan de los frutos (Leopold, 1972). Algunos mamíferos tienen cientos de semillas en su interior, por lo que las dispersan y las mezclan con su materia fecal rica en nutrientes, favoreciendo su establecimiento en los sitios de dispersión. Los petirrojos *Turdus migratorius* comen frutos tan abundantemente que pueden dejar limpia una área dominada por pirules y bosques de pino, liberando las semillas en el lugar donde perchan. La presencia de *T. migratorius* no es predecible año con año; cuando se llegan a presentar sequías, heladas y huracanes, estos pájaros llegan a desplazar más semillas de *Schinus* que todos los demás agentes dispersores juntos (Ewel *et al.*, 1982). El pájaro copalaxclero o chinito, *Bombycilla cedrorum* Viellot (Passeriformes : Bombycillidae) es una especie migratoria, que inverna en la Cuenca del Valle de México, su presencia es variable y tiene hábitos alimenticios frugívoros, excepto en la época de crianza. Durante 1986 y 1987, su arribo en bandadas al centro de México coincidió con la maduración de frutos de *Schinus molle* L., los cuales consume en abundancia hasta dejar al árbol sin frutos (Rico, 1990a; Corkidi *et al.*, 1991).

Germinación. La germinación en el campo ocurre de noviembre a abril, pero la mayoría germina de enero-febrero, durante los primeros 20 días de un período de observación de 130 días. Para fines de vivero se tienen resultados positivos cuando se trata la semilla por

escarificación con ácido por 15-30 min, pero no por 60 min ó por escarificación mecánica. Esto semeja el tracto digestivo de algunos agentes de dispersión (Ewel *et al.*, 1982). Las semillas de *S. molle* intactas, remojadas 24 horas o más, germinan igual que las despojadas del mesocarpio; las semillas tratadas pueden secarse y almacenarse cuando menos un mes y medio sin reducción del porcentaje de germinación (Camacho, 1985). La viabilidad va de 30-60%, obteniendo por resultado el establecimiento de muchas plántulas. En Chapingo, Estado de México, Rico (1990b) contó 546 plántulas de *S. molle* de 10-40 cm de altura, en un sitio de 2.1 m², germinadas a partir de semillas el mismo año de haber sido ingeridas, regurgitadas y dispersadas por bandadas del pájaro *Bombycilla cedrorum* Viellot.

2.4 Insectos sobre *Schinus molle* L.

2.4.1 Especies de insectos reportadas fuera de México. En lo que se refiere al reporte de insectos que dañan al arbolado de *Schinus molle* en otros países, Islas (1986) hizo mención de cinco referencias, donde se indica que el pirú es afectado por insectos del orden Homoptera; en Colombia se reconoce una nueva especie de Cócido (Homoptera) del pirú, *Ceroplastes cundina marcencis* sp. n.; en Chile se observó en las flores del pirú a la palomilla *Cyclophora serrulata* (Packard); en Bolivia, a *Tolyte lanuginosa* Schaus. Di Iorio *et al.* (1993) reportaron la presencia de la especie *Dorcacerus barbatus* (Oliv.) (Coleoptera: Cerambycidae) sobre *Schinus* sp., en Argentina.

En Perú y en Chile, Tuthill (1959) descubrió a *Calophya rubra* (= *C. schini* sp. nov.) (Homoptera: Psyllidae) sobre el pirú, encontrándola de manera abundante a lo largo del país

y supone que la especie se distribuye donde se encuentre la planta hospedera. El autor indicó la posibilidad de que el insecto fuera idéntico al que Costa Lima (citado por Tuthill, 1959) había encontrado sobre *Schinus terebinthifolius*, el cual ilustró junto con el daño causado por las ninfas.

En los EUA se encontraron moscas de la fruta *Dacus dorsalis*, reportadas por el Departamento de Agricultura de ese país. Se han registrado como insectos polinizadores al díptero *Palpada vinetorum*, la abeja *Apis mellifera*, las avispas *Polistes* spp., *Mischocyttarus cubensis*, y los Apoidea *Colletes intermixtus* Swenk, *Hylaeus mesillae cressoni* (Cockerell), *Perdita rhois rhois* (Cockerell), *Megachile brevis brevis* Say, *M. texana* Cresson, *M. occidentalis* (Fox), y *Quaylea whittieri* (Girault) (Ewel *et al.*, 1982; Krombein *et al.*, 1979a, 1979b). Se encuentran también homópteros: Margarodidae *Icerya purchasi* Maskell, Pseudococcidae *Pseudococcus fragilis* Brain, Coccidae *Saissetia oleae* (Bernard), *S. coffeae* (Walker), *Ceroplastes ceriferus* (F.), *Hemiberlesia rapax* (Comstock), *Aspidiotus hederae* Vallot, y Diaspididae *Pinnaspis strachani*, así como larvas de lepidópteros geométridos y trips (Harris, 1980; Johnson y Lyon, 1991).

Donde mayor información se ha generado acerca de los insectos asociados a *Schinus* es en el estado de Florida, principalmente sobre *S. terebinthifolius* ya que han desarrollado estrategias de control biológico e integrado de la especie, porque se considera como una planta indeseable o maleza que desplaza a las especies nativas. Se han efectuado estudios de la fauna fitófaga específica del hospedante como Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera y Homoptera por Fosse en 1978. Cassani (1986) reportó a 115 artrópodos asociados a la

especie, de los cuales 46 especies eran fitófagas, 59 especies depredadores y 10 misceláneas; a partir de las drupas se obtuvo una especie de avispa Torymidae fitófaga *Megastigmus* sp., y cuatro especies de chinches Coreidae *Leptoglossus phyllopus* en Palm Beach, Florida. Se consideró la liberación de *C. rubra* como plaga para afectar a *S. terebinthifolius* en Florida; sin embargo, puede ser problema para el estado de California ya que *S. molle* es una especie ornamental apreciada y recurso para la apicultura. Existe la posibilidad de que el impacto de *C. rubra* sobre el pirú brasileño no sea significativo para el control de la planta, como sucedió al liberar experimentalmente a otros insectos en Hawaii, como *Episimus utilis*, *Bruchus* (= *Acanthoscelides*) *atronotatus*, *Crassimorpha infusata*, y *Liothrips schini* (Cassani, 1986; Bennett *et al.* 1990).

En Norteamérica existen alrededor de 150 especies de homópteros psílidos sobre arbustos y árboles tanto nativos como introducidos (Furniss y Carolin, 1977), pero sólo una de ellas, *Calophya rubra* (Blanchard), se alimenta de la savia y forma cavidades foliares sobre *Schinus molle*. Este psílido es originario de Sudamérica y en 1984 se detectó por primera vez en Long Beach, California, aunque posteriormente se extendió por la costa del sur y norte de California (Downer *et al.*, 1988; Johnson y Lyon, 1991; Dreistadt *et al.*, 1994).

2.4.2 Especies de insectos reportadas para México. En México, al efectuar observaciones sobre las poblaciones de *Bombycilla cedrorum*, pájaros depredadores de semillas de *S. molle*, se observaron fuertes infestaciones por un insecto agallador de las hojas y de los brotes tiernos de 314 árboles muestreados de pirú (hembras: 134; machos: 180) en el Campus de la Universidad Autónoma de Chapingo, en una extensión de 725.48

ha (Rico, 1989)¹. Cibrián (1991) reporta a *Calophya rubra* Tuthill sobre el pirú, causando infestaciones severas durante 1989 y 1990 en árboles del Distrito Federal y del Edo. de México, tanto en ciudades como en ambientes naturales. Diversos autores han reportado varias especies de insectos, correspondientes a los órdenes Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera e Isoptera que afectan de diversas maneras e intensidades al arbolado de *S. molle*, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

¹ Ing. José Rico Cerda. 1989. Notas de campo. Profesor, Depto. de Bosques, Universidad Autónoma de Chapingo, Edo. de Méx.

Cuadro 1. Grupo de insectos registrados en México sobre el pirú *Schinus molle*

Orden	Familia	Especie ó Género	Hábitos *	Referencias
Coleoptera				
	Scarabaeidae	<i>Macroductylus</i> spp.	-- D	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
Lepidoptera				
	Arctiidae	<i>Lophocampa caryae</i> Harris	-- D	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
	Saturniidae	<i>Rothschildia orizaba</i> (Westwood)	-- D	Martínez y Chacalo (1994), Cibrián <i>et al.</i> (1995)
Hemiptera				
	Pyrrhocoridae	<i>Stenomacra marginella</i> (Herrich-Schaeffer)	-- Ch	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
Homoptera				
	Psyllidae	<i>Calophya rubra</i> (Tuthill)	-- FA	Cibrián (1991), Cibrián <i>et al.</i> (1995)
	Cercopidae	<i>Clastoptera</i> sp.	-- Ch	Trueba (1993), Cibrián <i>et al.</i> (1995)
	Coccidae	<i>Coccus hesperidum</i> L.	--Ch	Trueba (1993)
		<i>Ceroplastes</i> sp.	--Ch	Martínez y Chacalo (1994)
		<i>Ceroplastes cirripediformis</i> Comstock	--Ch	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
		<i>Pulvinaria</i> spp.	-- Ch	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
Isoptera				
	Kalotermitidae	<i>Incisitermes minor</i> (Hagen)	-- BMS	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
	Rhinotermitidae	<i>Reticulitermes hesperus</i> Banks	-- BMH	Cibrián <i>et al.</i> (1995)
Hymenoptera				
	Apoidea	<i>Colletes intermixtus</i> Swenk	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>Hylaeus mesillae cressoni</i> (Cockerell)	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>Perdita rhois rhois</i> (Cockerell)	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>Megachile brevis brevis</i> Say	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>M. texana</i> Cresson	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>M. occidentalis</i> (Fox)	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)
		<i>Quaylea whittieri</i> (Girault)	-- P	Krombein <i>et al.</i> (1979b)

* Hábitos : Ch - chupador, BMS - barrenador de madera seca, BMH - barrenador de madera húmeda, D- defoliador, FA - formador de agallas, P - polinizador

2.5 Enfermedades de *S. molle* L.

2.5.1 Especies de enfermedades reportadas en el exterior del país. Existe un reporte acerca de las enfermedades sobre *S. molle* en Colombia, donde los almácigos de viveros forestales con mucha humedad y sombra estuvieron afectadas por *Botrytis* (Herrera 1964, cit. por Islas, 1986), hongo monilial que causa pudriciones y tizones (Mendoza y Pinto, 1985). Para California se han reportado siete especies de hongos que causan el deterioro del pirú de edades variables, y que afectan a árboles vivos o muertos, entre los que se encuentran los que causan tanto marchitamiento como la pudrición del tronco y de la raíz. Los hongos de repisa (Basidiomycotina: Polyporaceae) que causan pudriciones al tronco son : *Ganoderma* (=Fomes) *applanatum*, *Polyporus dryophilus*, *P. farlowii*, *Laetiporus* (=Polyporus) *sulphurens*, *Trametes* (=Polyporus) *versicolor*. La pudrición de la raíz es causada por el hongo *Armillaria mellea* (Agaricales: Agaricaceae), y el marchitamiento por *Verticillium albo-atrum* (Hyphomycetes) (Harris, 1980).

Ganoderma (=Fomes) *applanatum* afecta principalmente al arbolado sobremaduro pero se desconoce aún el proceso de penetración al árbol. *Polyporus dryophilus* y *P. farlowii* entran por las ramas muertas, penetran a la parte viva y atacan pudriendo el centro. *Laetiporus* (=Polyporus) *sulphurens* causa pudriciones cúbicas del tronco, penetra por heridas, y puede afectar a árboles vivos y muertos. El hongo *Trametes* (=Polyporus) *versicolor* se encuentra sobre la madera de árboles muertos. Todos éstos hongos poliporáceos tienen cuerpos fructíferos de repisa y su característica de familia consiste en que los basidios se forman dentro de las paredes de poros o tubos, los cuales están colocados verticalmente bajo los cuerpos fructíferos, abiertos por debajo para que se

facilite la descarga de las basidiosporas y el viento se encargue de dispersarlas hacia el arbolado adyacente (Tainter y Baker, 1996).

La pudrición de la raíz causada por el hongo *Armillaria mellea* ataca árboles de todas las edades. Actúa algunas veces como parásito primario y otras como secundario, sobre todo cuando se ha llevado al árbol fuera de su rango geográfico normal, o cuando los árboles pierden el vigor al ser afectados por el desarrollo urbano. El micelio del hongo se extiende sobre el tronco en forma de abanico en la corteza interna, entre la corteza y la albura de las raíces infectadas, y entra al cambium del tronco, afectándolo. El marchitamiento causado por *Verticillium albo-atrum* se distingue por el marchitamiento de una o varias ramas, principalmente del ápice del árbol. Este penetra en su hospedante por heridas, comúnmente a través de raíces dañadas. Una vez que entró al hospedante, el hongo coloniza rápidamente el córtex, la endodermis y vasos; los conidios se producen en ocho días. Si el hospedante es resistente entonces se desarrollan pocas hifas y no se desarrollan los conidios, formándose una microesclerosis en el córtex y en el sistema vascular, a los catorce días de inicio de la infección. El hongo puede vivir en el suelo sin hospedante por más de dos años, por lo que si se llegan a plantar ahí árboles susceptibles, entonces se infectarán, sean suelos húmedos ó secos (Tainter y Baker, 1996).

2.5.2 Especies de enfermedades reportadas para México. El pirú *S. molle* L. es hospedante de una de las enfermedades más comunes en plántulas y árboles jóvenes en los almácigos, que en árboles maduros es la agalla del tallo producida por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* (Clase Schizomycetes, Tallophyta) en plantas dicotiledóneas, y

por lo tanto, en árboles de hoja ancha; la bacteria no afecta a monocotiledóneas (pastos), ni a gimnospermas (coníferas). En el suelo se encuentra la bacteria y penetra en los tejidos vivos a través de las heridas infectando a células vivas y proliferando las que producen el agallamiento del tallo. Anteriormente se pensaba que las agallas secundarias se formaban debido al movimiento de la bacteria dentro de la planta; ahora se sabe que el que se moviliza es el genoma del plásmido Ti, el cual es tomado por las células vivas adyacentes y del cual pasa una sección de su ADN dentro del genoma de la planta, formándose el agallamiento. El proceso de reproducción del ADN no está sincronizado con la división celular, resultando en la acumulación de varias series de cromosomas dentro de algunos núcleos, causando la hiperplasia (aumento anormal de las células) y la hipertrofia (aumento anormal del tamaño de la célula) evidente en el tallo. Actualmente esta enfermedad se controla usando otra bacteria de su mismo género, *A. radiobacter* cepa 84 (agrocin 84) que inhibe la transferencia de los plásmidos que producen el tumor de *A. tumefaciens* hacia la planta hospedante. El uso de esta cepa ha sido efectiva para controlar la enfermedad en los viveros, aunque existe resistencia a algunas cepas (Manion, 1991; Tainter y Baker, 1995).

También existen plantas hemiparásitas del grupo Dicotiledóneas, de la familia Cuscutaceae, del género *Cuscuta* (Agrios, 1996), las cuales se alimentan de los árboles de *Schinus molle*, de donde absorben agua y nutrientes para su reproducción y supervivencia. Al parasitar al pirú, la cúscuta lo debilita y reduce su vigor, llegando a ser de importancia estética y económica al formar complejos densos sobre la copa de hasta de 3 m de diámetro. Sus filamentos sin hojas, color naranja, tienen poca o ninguna clorofila y forman haustorios

sobre la planta hospedante, llegando a los tejidos fibrovasculares, por lo que requiere a sus hospedantes para vivir.

2.6 Revisión de literatura sobre la familia Psyllidae y el género *Calophya* Löw.

Identificación. En reposo, los psílidos adultos mantienen sus alas con apariencia de tejado sobre sus cuerpos; miden de 2 a 6 mm. Se relacionan con los áfidos, pero los psílidos tienen las antenas más cortas y patas fuertes saltadoras, lo que les da el nombre de “piojo saltador de las plantas” (jumping plantlice). Existen paralelismos cercanos en la biología de la alimentación de los áfidos y de los psílidos, pero los áfidos parecen estar mejor adaptados para la explotación de las fuentes alimenticias inestables y efímeras (Hodkinson, 1974; Dreistadt *et al.*, 1994).

Importancia. En Norteamérica hay más de 100 especies de psílidos que se nutren de la savia de árboles y arbustos nativos e introducidos, de cultivos y de ornamentales; se les conoce como vectores de enfermedades en las plantas; se ha reportado el desarrollo de resistencia a los insecticidas. Se ha dado mayor importancia a la biología de los Aphidoidea, aunque se ha visto la importancia del estudio de la biología de los Psyllidae (Hodkinson, 1974; White y Hodkinson, 1985). Los psílidos son insectos chupadores de floema que tienen alta especificidad sobre sus hospedantes y están limitados exclusivamente a plantas perennes dicotiledóneas, a una sola especie de planta o grupo de especies relacionadas cercanamente. Por ejemplo, son varias las especies de *Eucalyptus*, *Syzygium* y *Acacia*, introducidas de Australia y Nueva Zelanda a California, que son

atacadas por especies de psílidos también introducidas como: *Ctenarytaina eucalypti* sobre follaje de *E. pulverulenta*; *Trioza eugeniae* sobre *S. paniculatum*, y *Acizzia* (= *Psylla uncatoides*) sobre *Acacia longifolia*. En México, han sido pocos los trabajos relacionados a los Psyllidae. Domínguez (1990) y Mejía (1994) destacan que los psílidos que se encuentran en México reportados entre 1981 y 1989 son *Paratrioza cockerelli* Sulcer, *Trioza anceps* Tuthill, *Coleocara schwarzi* Tuthill, *Psylla pyricola* Foerster, *Psylla mali* (Schmidberger), *Psylla minuticornis* Crawford, *Psylla flocossa* (Patch), y *Trioza diospyri* Ashmead. Sin embargo, son contados los estudios sobre psílidos donde se hayan realizado mediciones morfométricas, entre los que se encuentran el efectuado por Cibrián (1991) para *Calophya rubra* Tuthill, y el de Mejía (1994) para el psílido del aguacate *Trioza* sp. (Hom.: Triozinae) en la región productora de Michoacán. Se desconoce si existen más trabajos de este tipo a nivel nacional para los Psyllidae.

Hospedantes. Las especies de psílidos de importancia económica mundial se encuentran en los árboles siguientes: en peral, *Psylla piri* L., *Psylla pyricola* Först; en manzano, *Psylla mali* (Schmidb); en cítricos, *Diaphorina citri* Kuw.; en mango, *Apsylla cistellata*; en aguacate, *Trioza anceps* Tuthill; en cacao, *Mesohomatoma tessmani*; en olivo, *Euphyllura olivina* Costa; en vainilla, *Trioza litseae*; en fresno, *Psyllopsiis fraxini* L.; en sauce, *Psylla* spp.; en olmo, *Psylla ulmi* Först; en higuera y cedro rojo, *Coleocara schwarzi*. Se encuentran también en hortalizas, tales como: col, *Trioza nigricornis* Först; en jitomate y papa, *Paratrioza cockerelli* (Sulc); en el cultivo de algodón, *Paurocephala gossypii*; en ornamentales como el crisantemo, *Trioza chrysantemi*; en laurel, *Trioza alacris* Flor, y en follaje de zarzamora, *Trioza tripunctata* Fitch. Estas especies de psílidos se alimentan de la

savia de los brotes tiernos de las plantas y de las hojas recién extendidas, lo que conlleva a la disminución de la fotosíntesis, del rendimiento y la reducción en la calidad de los frutos. Solamente una minoría de esas especies causan un daño económico adicional al ser vectores de enfermedades que causan pigmentaciones en el follaje, decoloración en el fruto, reducción de su tamaño, y/o su caída prematura, disminuyendo con ésto la producción (Hodkinson, 1974; Downer *et al.*, 1988; Dreistadt *et al.*, 1994; Mejía, 1994).

2.6.1 Taxonomía y descripción del psílido del pirú : *Calophya rubra* (Blanchard)

Taxonomía. La mayoría de trabajos europeos incluyen al orden Homoptera dentro del orden Hemiptera, aunque Borror *et al.* (1989) aclaran que hay diferencias suficientes entre los Homoptera y los Hemiptera como para garantizar su reconocimiento como ordenes separados. El orden Homoptera se subdivide en dos subórdenes, los Auchenorrhyncha (picos libres) y los Sternorrhyncha (o picos fusionados), siendo éste último al que pertenece el psílido de estudio. Dolling (1991) ubica al género *Calophya* dentro de la familia Calophyidae, y maneja aparte a la familia Psyllidae, ambas dentro del orden Hemiptera, Sternorrhyncha, Psylloidea. Otros taxónomos como Hodkinson (1974) y White y Hodkinson (1985) ubican al género *Calophya* dentro del orden Homoptera, suborden Sternorrhyncha, superfamilia Psylloidea y familia Psyllidae. Estos últimos indican en su sistemática y taxonomía de ninfas de los Psylloidea, que se han descrito cerca de 2000 especies de Psylloidea a nivel mundial, de las cuales se deben examinar y describir varios centenares de ninfas de especies de importancia, que representan la mayoría de los géneros. Estos autores mencionan la existencia de 3 claves taxonómicas de ninfas de Psílicos, la elaborada por Ossiannilsson *et al.* (1970) para el género *Psylla* de Suecia, la de Loginova del

subgénero *Psylla* y la de White y Hodkinson (1982); Mathur (1975) describe a casi la mitad de las especies conocidas de la India, y White (1980) describe varias especies de Psílidos.

El género *Calophya* Löw 1878, abarca alrededor de 30 especies holárticas y neotropicales descritas, las cuales se desarrollan sobre plantas de las familias Anacardiaceae (géneros *Rhus* y en Sudamérica sobre *Schinus*), Burseraceae y Rutaceae (Tuthill, 1959; Burckhardt, 1988). White y Hodkinson (1985) incluyen en la familia Calophyidae, separadamente de *Calophya*, *Holotrioza* y *Paracalophya*, el género oriental *Apsylla* Crawford, *Microceropsylla* Boselli y *Pelmatobrachia* Enderlein.

El género *Calophya* muestra gran variación en el tamaño y forma de los procesos genales pero no parecen indicar relaciones filogenéticas entre las especies. Los géneros *Holotrioza* y *Paracalophya*, fueron basados principalmente en éste carácter, los cuales Burckhardt (1988) los sinonimiza con *Calophya*. La clasificación taxonómica general de acuerdo a Borror *et al.* (1989) y la particular según Burckhardt (1988) es la siguiente :

PHYLUM ----- Arthropoda
SUBPHYLUM ----- Atelocerata
CLASE ----- Insecta (Hexapoda)
SUBCLASE ----- Pterygota
ORDEN ----- Homoptera
SUBORDEN ----- Sternorrhyncha
SUPERFAMILIA ----- Psylloidea
FAMILIA ----- Psyllidae (Calophyidae, para
algunos taxónomos europeos)
GÉNERO ----- *Calophya*
ESPECIE ----- *Calophya rubra* (Blanchard)

Basándose en el material tipo, Burckhardt (1988) establece la combinación nueva *Calophya rubra* (Blanchard) Burckhardt, y los nombres para esta especie que incluye el autor como sinónimos de *Calophya rubra* son : *Calinda rubra* Blanchard, 1852; *Trioza gallifex* Kieffer & Jörgensen, 1910; *Trioza* sp. Kieffer & Jörgensen, 1910 (atribuida a *C. gallifex* por Lizer, 1943); *Calophya* sp. Lima, 1942 (provisionalmente atribuida a *C. schini* por Tuthill, 1959); *C. gallifex* (Kieffer & Jörgensen), Lizer, 1943; y un sinónimo nuevo *C. schini* Tuthill, 1959. El autor presenta combinaciones nuevas para dos especies de *Calophya* de la región neotropical templada, *C. rubra* (Blanchard) y *C. duvaue* (Scott). A *C. rubra* la reporta formando agallas cónicas sobre las hojas de *Schinus molle* L., *S. dependens* Ortega, y posiblemente en *S. latifolius* Engl. y *S. terebinthifolius* Raddi; mientras que a *C. duvaue* causa agallas hemisféricas sobre las hojas de *S. dependens*, *S. polygamus* (Cav.) Cabr. y *S. polygamus* f. *arrenicola* (Haum.) Cabr. (Anacardiaceae).

Descripción del género *Calophya*. Cabeza más angosta que el tórax, en perfil fuertemente inclinado alrededor de 90° al eje longitudinal del cuerpo (figura 5d). El vértex rectangular a trapezoidal; el margen anterior redondeado ampliamente hacia la gena. Los procesos genales varían de cortos y redondeados a largos y punteados, descansando en un plano más bajo que el vértex; suturas coronales distintas. Ojos hemisféricos. Antenas de 10 segmentos, 0.8 a 1.5 veces tan largas como el ancho de la cabeza; setas terminales sobre el segmento antenal 10 frecuentemente muy largo; con un rinarium subapical sobre cada uno de los segmentos 4, 6, 8 y 9; en la base de los rinarium con setas gruesas muy largas o con setas bífidas (figuras 1H-I); los segmentos flagelares no están densamente cubiertos por

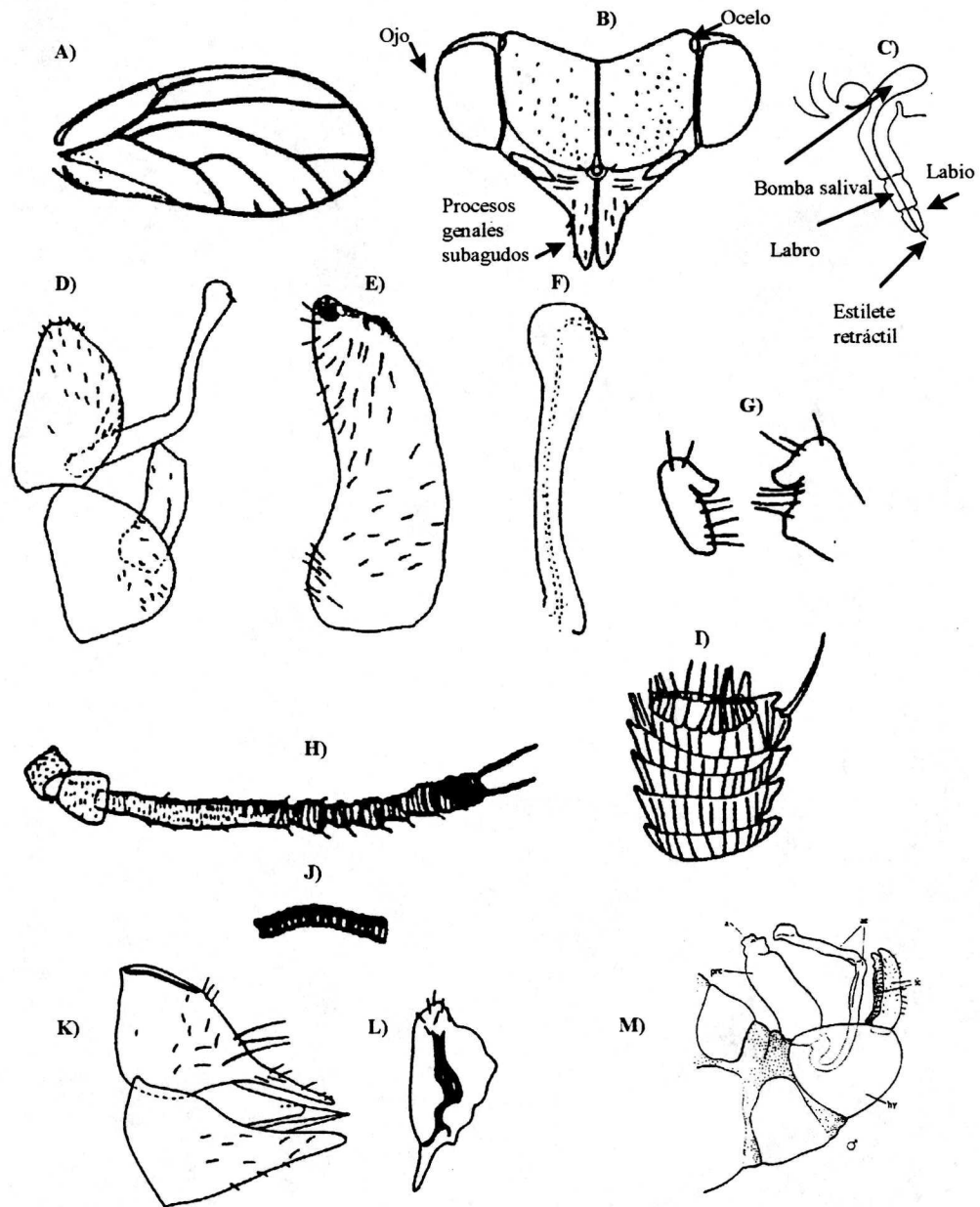


Figura 1. Características morfológicas de *Calophya rubra* (Blanchard). A) ala anterior, B) cabeza, vista dorsal, C) tipo de aparato bucal, D) terminalia del macho, E) parámero, superficie interna, F) segmento distal del aedeago, G) parámetros, vista dorsal, H) antena, I) octavo segmento antenal, J) sección del anillo circumanal de la hembra, con los poros exteriores encima, K) terminalia de la hembra, L) propleuritos, M) genitalia del macho (adaptado de Snodgrass 1935 ; Steinmann and Zombori, 1981; Burckhardt, 1988; Ossiannilsson *et al.*, 1970).

setas tan largas como el diámetro de los segmentos. El clípeo corto, redondeado en la superficie ventral del cuerpo; dos segmentos labiales apicales 0.3-0.6 veces tan largos como el ancho de la cabeza. El dorso torácico fuertemente arqueado. Los propleuritos (figura 1L) más altos que anchos, el epímero más grande en área de superficie que el episternum; sutura media en la parte dorsal no está claramente desarrollada. Metacoxas con un meracanto relativamente corto bien desarrollado, ligeramente inflado ventralmente; la metatibia 0.5-1.0 veces tan larga como el ancho de la cabeza, sin espina basal, con un grupo de uñas negras apicales internas y externas, el grupo interno compuesto por uñas de diferente longitud. Los metatarsos basales sin uñas negras.

Alas anteriores AA(figuras 1a, 5a) con frénulo costal y pteroestigma; frénulo anal distante del ápice de la vena Culb; celda Cula muy alta; vena M+Cul más corta que R; espinulas radulares forman rayas angostas en las celdas m1+2, m3+4, y Cula. Alas posteriores membranosas AP, vena R+M+Cul se ramifica para dar R+M y Cul; setas costales en grupos más o menos diferenciables. Proctígero del macho unipartita con margen posterior curvado, con setas principalmente en la parte apical y a lo largo del margen posterior. Placa subgenital del macho corta (figuras 1D, 1M, 5f). Parámetros cortos, laminares, sobre la superficie interna frecuentemente con dientes esclerosados. Segmento proximal del aedeago sin curvar en la base, débilmente esclerosado; segmento distal con una dilatación apical, tan largo como el segmento basal. Anillo circumanal de la hembra (figuras 1J, 1K, 5e) consiste de dos hileras desiguales de poros (Burckhardt, 1988).

Descripción del adulto de *Calophya rubra* (Blanchard)

Coloración. Varía de ocre o café rojizo a café oscuro o casi negro (figura 5d). Los segmentos antenales 1, 2 y 5-7 cafés, 3 y 4 ocre a café, 8-10 café oscuro casi negro. Patas amarillas a ocre, los fémures comúnmente más oscuros, los metatarsos apicales son café oscuro. Las alas anteriores (AA) transparentes; las venas amarillas a cafés. Las alas posteriores (AP) transparentes (Burckhardt, 1988).

Estructura. La cabeza con procesos genales largos y subagudos (figura 1B). Antenas con rinaria ovales en machos, rodeados por setas largas (figuras 1I), en las hembras son circulares; las hembras con segmentos 4, 6, 8 y 9 presentan una seta gruesa más larga que el diámetro de los segmentos, ésta seta no está presente en los machos. Las metatibias tienen espinas apicales en la parte exterior de 1 a 2, y de 4 a 6 en la parte interior. Las alas anteriores muestran venación variable, particularmente en la forma de la celda Cula; la membrana usualmente sin espínulas en la superficie, alejado de un parche en la base de la celda Culb y de las espínulas radulares. Las setas costales de las alas posteriores están agrupadas de forma distinguishable. La terminalia se muestra en las figuras 1D, 1K, 1M, 5d-e. Los parámetros tienen dientes apicales dirigidos hacia adentro; la superficie superior está cubierta por setas largas. El segmento distal del aedeago es delgado y presenta dilatación apical. El tubo final del ducto eyaculatorio está esclerotizado y corto, ligeramente sinuoso. El proctígero de la hembra es angosto, recto, con una proyección apical; el margen dorsal distal al anillo circumanal, fuertemente cóncavo. La placa subgenital es cuneiforme. La valva 1 recta, con dientes ventrales; la valva 2 cuneiforme; valva 3 apicalmente redondeada (figuras 1D, 1M, 5e) (Burckhardt, 1988).

2.6.2 Distribución geográfica del psílido del pirú. Esta especie se encuentra distribuída principalmente en la zona centro del país, siendo reportada sobre arbolado de pirú (*Schinus molle* L.) en zonas urbanas y suburbanas en 9 de 13 de los estados de la República Mexicana donde existe el hospedante. Estos insectos se han reportado para el Estado de México, el Distrito Federal, Querétaro, Morelos, Michoacán, Hidalgo, Veracruz, Puebla y Tlaxcala (Cibrián *et al.*, 1995).

2.6.3 Biología y daños de *Calophya rubra* (Blanchard).

Ciclo biológico y número de generaciones. En México, el ciclo biológico registrado para la especie por Cibrián (1991), desde su desarrollo de huevo a adulto es de 75 días, de donde concluye que existen al año más de cuatro generaciones, con sobreposición de edades, al hallar adultos y huevecillos a lo largo de la evaluación. Según Hodkinson (1974), el número de generaciones de los psílicos varía en el año, dependiendo de factores climáticos y de la condición de la planta hospedante en condiciones tropicales; mientras que en las condiciones de zonas templadas y frías, todos los estados de desarrollo invernán cuando la planta hospedante está en latencia. El ciclo biológico determinado por Da Silva (1994) a temperatura constante de 23° C desde el estado de huevo hasta adulto, dura un total de 37 días. Dreistadt *et al.* (1994) mencionan que puede haber una generación en unas cuantas semanas cuando el clima es templado, y su reproducción se da a lo largo del año, encontrando todos los estados de vida.

Huevecillo. Downer *et al.* (1988) tomaron muestras a lo largo del año, encontrando la presencia de adultos y huevecillos de *Calophya rubra* (= *C. schini*) en todas las fechas de muestreo. Los autores reportan la máxima abundancia de adultos y huevecillos en el otoño e invierno, considerando que el clima que tienen es cálido en ese tiempo. Cibrián (1991) encontró huevecillos de *C. rubra* a lo largo del año en la región central de México.

Estados ninfales. El estado ninfal es el estado que causa más daño al hospedante. La determinación del número de estadios ninfales de la especie ha variado en los escasos estudios efectuados. Downer *et al.* (1988) reportan la existencia de cuatro instares ninfales en *Calophya schini* sobre *Schinus molle* en California, mientras que para México, Cibrián (1991) reporta la presencia de seis instares ninfales. El número de estadios ninfales generalizados para los Psyllidae es de cinco, cuando los estudios se hacen de manera detallada (Hodkinson, 1974). Da Silva (1994) registró cinco instares ninfales para la especie en California, EUA. Las mediciones obtenidas por Cibrián (1991) para la población de México se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Población de *Calophya rubra* (Tuthill) en Chapingo, Edo. de México (Cibrián, 1991)

ADULTOS : Longitud (incluyen alas) 2.30 - 2.65 mm						
HUEVOS : Longitud media 0.226 mm ; Ancho 0.1 mm						
NINFAS : 6 Estados ninfales	1	2	3	4	5	6
Longitud (mm)	.2155	.3807	.457	.684	.986	1.076
Anchura (mm)	.1729	.2719	.3750	.6070	.983	1.006
Anchura cáps. cefál.	.1503	.1995	.2319	.300	.400	.4467
Distancia entre ojos	--	--	--	--	.2895	.2141
Tamaño del ojo	--	--	--	--	.0508	.0995

Con respecto al ancho de la cápsula cefálica, existe otra referencia donde incluye datos aislados, tales como el de Downer *et al.* (1988) donde mencionan que la ninfa más pequeña midió 0.075 mm de ancho y la más grande 0.438 mm para las poblaciones de *C. rubra* (= *C. schini*) en California. Da Silva (1994) efectuó mediciones del largo y ancho de los huevecillos, y de las exuvias de cada uno de los cinco estadios ninfales de *C. rubra* en California EEUU; los datos que obtuvo para la población son los siguientes:

Cuadro 3. Población de *Calophya rubra* (Blanchard) en el área de la Bahía de San Francisco, California (Da Silva, 1994)

Estado	Media de Longitud (mm)	Error Estand.	Media de Ancho (mm)	Error Estand.	N
Huevo	0.27	0.010	0.14	0.010	13
Ninfa 1	0.28	0.010	0.19	0.010	20
Ninfa 2	0.37	0.004	0.29	0.005	21
Ninfa 3	0.52	0.005	0.39	0.006	20
Ninfa 4	0.73	0.020	0.62	0.020	21
Ninfa 5	1.07	0.010	0.96	0.010	22

Al efectuar estudios de ciclos de vida, Rodríguez *et al.* (1998) proponen la utilización de un factor de proporción, que resulta de la multiplicación de la longitud por la anchura de la cápsula cefálica para el caso del brúquido *Zabrotes subfasciatus*, para poder ubicar especímenes inmaduros en el ínstar que les corresponde. En el caso de *Calophya rubra* se tendría que hacer mediante el largo y ancho de la ninfa, y su factor de proporción equivalente, considerando al largo y ancho como las variables medidas.

Daños. Los síntomas derivados de la alimentación del psílido del pirú son la formación de una cavidad dentro del tejido vegetal de las hojas y de los brotes tiernos, la decoloración del follaje, la deformación de los folíolos, limitación en el crecimiento y pérdida del follaje. Como consecuencia se reduce la calidad estética del árbol al darle una apariencia de tono verde pardo, donde existe la posibilidad de causar la muerte de los árboles afectados severamente. Las cavidades, cráteres o fosas causadas por las ninfas y dentro de las que se mantienen, se encuentran usualmente sobre la superficie foliar inferior, aunque también se afecta la superficie foliar superior, pecíolos y brotes pequeños recién formados (Downer *et al.*, 1988; Johnson y Lyon, 1991; Cibrián, 1991). La formación de diferentes tipos de agallas causadas por insectos homópteros Psyllidae, del género *Pachypsylla* sobre cuatro especies de *Celtis* subgénero *Euceltis* (Ulmaceae), la presentan gráficamente Yang y Mitter (1994) en la figura 2. De acuerdo a ella y a las figuras 6a-d, el daño que causa *Calophya rubra* al pirú *S. molle* corresponde a la agalla tipo discal. Este tipo de agalla puede ser el precursor dentro de lo que son las tendencias a largo plazo en la evolución de la formación de agallas. Yang y Mitter (1994) presentan una serie de cuestionamientos al respecto, al estudiar la filogenia y biología de la evolución de la formación de agallas en los Psylloidea (aproximadamente 350 especies de psílidos agalladores).

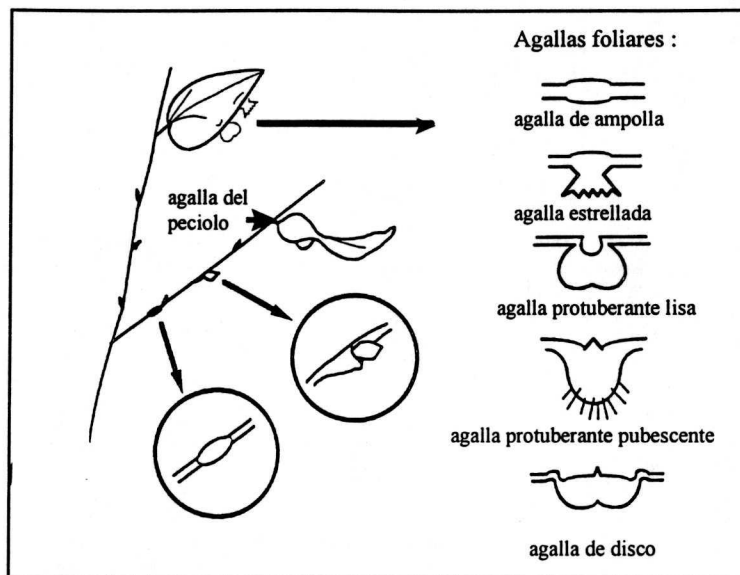


Figura 2. Esquemas generalizados de los diferentes tipos de agallas formadas por el género *Pachypsylla* (Homoptera: Psylloidea) (tomado de Yang y Mitter, 1994)

2.6.4 Control químico y biológico de *Calophya rubra* (Blanchard).

2.6.4.1 Control químico. Las pruebas con insecticidas para el control del psílido del pirú han adquirido relevancia en el estado de California, EEUU, considerando que *S. molle* es un árbol apreciado localmente como especie de ornato. Las técnicas de aplicación elegidas por Downer *et al.* (1988) han sido tres : mediante aspersiones foliares, inyecciones e implantes. Para las aspersiones foliares se aplicaron acefato, fenpropatrín, clorpirifós, esfenvalerato, carbaril, aceites minerales y jabón insecticida; las dosis fueron variables. De éstos productos fueron efectivos para la reducción de *C. rubra*, las aspersiones de acefato Orthene 75 S (119.8 gramos en 100 litros de agua), y de fenpropatrin Danitol 2.4 lb/galEC (83.7 ml en 100 l de agua). El producto usado para las inyecciones fue el Oxidemetón-metil (Injecticide, “Metasystox-R”) aplicado alrededor del tronco de los árboles infestados a

una distancia de 15 cm cada inyección, dando resultados de control similares a los obtenidos mediante aspersiones. La desventaja derivada de la aplicación de las inyecciones fue el efecto de quemado de las puntas en los árboles tratados. Los implantes se efectuaron al tronco, usando acefato ("Acecap") a dosis de 1 cápsula por cada 10 cm de perímetro del tronco. La desventaja del uso de los implantes al fuste fue la exudación de resina en los sitios de aplicación. Con éstas dos últimas técnicas pueden generarse a futuro mayores efectos dañinos a largo plazo.

Para el control temporal de los psílicos, Dreistadt *et al.* (1994) recomiendan la aplicación de un insecticida foliar. En el caso de hacer una sola aplicación, los nuevos brotes se hacen susceptibles ya que no alcanzan a protegerse al desarrollarse y quedan expuestos a los psílicos sobrevivientes o a los que se movilizan desde otros árboles sin tratamiento. Los autores consideran que el uso de inyecciones o implantes dañan a los troncos, y que generalmente se requiere poco control o ninguno, a menos que el daño estético sea intolerable.

2.6.4.2 Control biológico de los psílicos. A nivel mundial, se ha dado mayor importancia al estudio del control de los Psyllidae de áreas agrícolas y frutícolas, ya que se considera que estos homópteros pueden llegar a ser vectores de enfermedades. Se han aplicado diversos agentes de control biológico de psílicos, que son insectos de los órdenes Hemiptera, Hymenoptera y Coleoptera entre otros, así como arácnidos y hongos entomopatógenos. En Europa, Bogya (1995) ha usado arañas clubionidas (Clubionidae) como factores potenciales de control biológico en huertos de manzanos y perales contra

psílidos del género *Cacopsylla*, donde cada araña llega a consumir 11.63 psílidos del peral del género *Cacopsylla* y 2.29 áfidos por día a nivel de laboratorio. La densidad de arañas estimada en campo fue de 60 mil por hectárea, siendo un potencial alto de control de esta especie de psílido.

Uno de los trabajos efectuados en Asia menciona que existen hongos entomopatógenos en ninfas del psílido *Heteropsylla cubana*. El efecto del hongo *Hirsutella citriformis* causó la momificación de los psílidos, adheriéndolos con micelio sobre las hojas y rarnas de *Leucaena leucocephala*. El efecto más notable se dió sobre los adultos (20%), más que sobre las ninfas (2%) (Ahmad, 1993). En la India, Thirumurthi y Annamali (1995) reportan a 16 especies de insectos depredadores de tres especies de psílidos que afectan viveros forestales, pertenecientes a las familias Coccinellidae, Formicidae, Carabidae, Vespidae, Lygaeidae y Pentatomidae, que reducen las poblaciones de *Acizzia indica*, *Heteropsylla cubana* y *Arytaina marsupiae*, las cuales infestan a *Albizia lebbek*, *Leucaena leucocephala* y *Pterocarpus marsupium*. De este grupo de insectos depredadores, los que mayor efectividad demostraron contra los psílidos fueron los Formicidae y los Coccinellidae.

En Norteamérica se introdujo desde 1989 en Richmond, California, a la catarinita *Diomus pumilio* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) sobre el psílido *Acizzia uncatoides* (Ferris & Klyver), la cual parece ser un buen depredador. Otro enemigo utilizado para el control de insectos plaga ha sido la chinche pirata *Anthocoris nemoralis* (Fabr.) (Hemiptera: Anthocoridae) el cual es un depredador importante de psílidos, trips, huevos y larvas de palomillas, y algunos ácaros europeos. Se introdujo a Canadá en 1962 para controlar al

psílido del peral, y no se había detectado su presencia en EEUU sino hasta 1990 (Clausen, 1970; Hagen y Dreistadt, 1990). Los autores reportan que la chinche se ha establecido al norte de California, alimentándose de los huevos y ninfas de tres psílicos *Calophya rubra* (Blanchard) sobre *Schinus molle* L., de *Trioza eugeniae* (Froggatt) sobre *Syzygium* sp., y de *Acizzia uncatoides* (Ferris & Klyver) sobre *Acacia longifolia* Willdenow.

A partir de 11 géneros y 34 especies de Psyllidae se han obtenido parasitoides (Hymenoptera: Eulophidae) pertenecientes a 5 familias, 8 géneros y 15 especies; sólo en Norteamérica existen 15 especies de Hymenoptera como parasitoides específicos de (Jensen, 1957), además de que se introdujeron varias especies desde Australia y Sudamérica para el control de psílicos (Downer *et al.*, 1988).

Características de la familia Eulophidae: Importancia. Es un grupo común, compuesto por cerca de 600 especies en Norteamérica. La familia Eulophidae es una de las familias Chalcidoideas más grandes, con 540 géneros y 3900 especies, y de mayor importancia económica. La mayoría de sus especies son parasitoides primarios de larvas, principalmente de minadores de hojas de los órdenes Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, y Coleoptera. Algunos son fitófagos. De acuerdo a Goulet y Huber (1993) se reconocen 4 subfamilias: Eulophinae, Tetrastichinae, Euderinae y Entodoninae. La subfamilia Tetrastichinae a la cual pertenece el género *Tamarixia*, tiene especies donde la mayoría son parasitoides primarios internos de huevos, larvas, o pupas de Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, y de 10 órdenes más. La mayoría de las especies parasitan ácaros agalladores, nemátodos y larvas de trips, y la minoría de las especies son fitófagas.

LaSalle (1994) presenta la sistemática de la subfamilia Tetrastichinae para Norteamérica donde incluye 42 géneros, de los que describe a 13 géneros nuevos, incluyendo un total de 212 especies. Propone 80 combinaciones nuevas para Norteamérica y 3 para la región Neotropical, muchas de las cuales las cambia del género *Tetrastichus* a algún otro género. El autor registra para Norteamérica a 12 especies descritas previamente, entre las que se encuentra *Tamarixia leucaenae*.

Identificación. La mayoría de estas avispidas miden de 1 a 3 mm de longitud, varían en color y forma, aunque la mayoría son negras, con brillo metálico leve. Sus tarsos tienen cuatro segmentos. La uña apical de la tibia anterior es pequeña y recta. La axila se extiende más allá de la tégula. Los machos comúnmente tienen las antenas pectinadas. El escutelo usualmente tiene un par de líneas longitudinales submedias y dos o más pares de setas largas sublaterales; con la venación del ala anterior más o menos interrumpida en la base del parastigma, con éste proyectado basalmente hacia el ápice cónico de la vena submarginal; la vena submarginal usualmente con 3 setas o más, rara vez son menos; la vena postmarginal ausente o más corta que la vena estigmal (Goulet y Huber, 1993).

Parasitoides en el control de Psyllidae. Los parasitoides del género *Tamarixia* (Tetrastichinae, Eulophidae) son específicos de los Psylloidea (Gibson *et al.*, 1997) y se encuentra distribuido en todos los continentes (Graham, 1987), especialmente sobre Homoptera: Triozidae. Las especies en Europa son *Tamarixia bicolor* Mercet sobre *Trioza chenopodii* Reuter, *Tamarixia poddubnyi* (Kostjukov) sobre *Trioza magnisetosa* Loginova,

Tamarixia tremblayi (Domenichini) sobre *Trioza tremblayi* Wagner, *Tamarixia pubescens* (Nees) sobre *Trioza remota* Förster, *Tamarixia upis* (Walker) sobre *Trioza urticae* L., *Tamarixia pronomus* (Walker) sobre *Trioza apicalis* Förster, *Trioza centranthi* (Vallot) y *Trioza kratohvili* Vompr., *Tamarixia actis* (Walker) sobre *Strophingia cinerea* Hodgkinson y *S. ericae* (Curtis) (Homoptera: Psylloidea). Se desconocen los hospedantes en que se encuentran *Tamarixia pallicornis* (Walker), *T. monesus* (Walker), *T. arborea* (Graham) y *T. leptothrix* sp.n.

En Asia se introdujo a *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Tetrastichinae: Eulophidae) sobre el psílido *Diaphorina citri* Kuwayama, que es vector del enverdecimiento de los cítricos. Este psílido ha reducido sus poblaciones mediante programas de control biológico, dando buenos resultados desde 1983 en que se introdujo el parasitoide. En 1989 se aplicó otra especie, *Tamarixia brontispae* (= *Tetrastichus brontispae*) sobre *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) plaga introducida en ese año sobre el cocotero, también en Asia (Chu *et al.*, 1991).

En América del Sur, De Santis y Fidalgo (1994) mencionan la existencia de parasitoides del género *Tamarixia* Mercet, *T. bicolor* y *T. leucaenae*; esta última controla a *Heteropsylla cubana*, en la isla de Trinidad. En Norteamérica, la especie *Tetrastichus triozae* Burks se encontró en estados ninfales del género *Calophya*, como parasitoide común de cuatro especies *C. californica* Schwarz, *C. nigrella* Jensen, *C. nigripennis* Riley y *C. triozomima* Schwarz (Burks, 1979; LaSalle, 1994). Mead (1994) reporta la liberación del parasitoide *Tamarixia leucaenae* en Florida para controlar al psílido exótico *Trioza eugeniae* Froggatt

descubierto en 1993 en dos viveros. sobre la planta ornamental *Syzygium paniculatum*. Dreistadt *et al.* (1994) reportan la introducción por investigadores de la Universidad de California de una especie de avispa del género *Tamarixia* desde Sudamérica para que parasite y reduzca las poblaciones del psílido del pirú *Calophya rubra* a lo largo del tiempo. Esta especie fue liberada en la Bahía de San Francisco, California y evaluada como control biológico para el psílido del pirú por Da Silva (1994).

2.6.5 Otras alternativas de manejo del psílido del pirú. El árbol de pirú es un árbol tolerante a diferentes condiciones, por lo que el cuidado cultural que se tenga sobre él aumenta su tolerancia. Estos árboles se adaptan a lugares con buen drenaje, suelos arenosos y sequías. Cuando se les planta en áreas arcillosas o en áreas anegadas se favorecen las enfermedades de la raíz, provocando la declinación y muerte. Por otro lado, el daño que causan los psílicos al follaje se mantiene así aún después de algún tratamiento, hasta que el follaje dañado sea podado para favorecer el crecimiento de brotes nuevos (Dreistadt *et al.*, 1994). La mayor parte de los problemas se reducen al proteger al arbolado y elevar el vigor del mismo, proporcionándole riego y fertilización, y cuando existen enfermedades, ayudan a compartamentalizar la infección y a recuperar el follaje perdido después de una fuerte infestación de psílicos (Harris, 1980).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Area de estudio

3.1.1 Ubicación, clima y suelo. El área de estudio se encuentra ubicada en el Campus UACH, en la parte este del Estado de México, kilómetro 38.5 carretera México-Texcoco. Se encuentra entre el paralelo 19° 29' 46" latitud norte y el meridiano 98° 53' de longitud oeste, con una altitud de 2,250 msnm.

El clima C (Wo) (wb(i)'g , es templado subhúmedo con una precipitación promedio anual de 645 mm, con lluvias en verano y con una precipitación en invierno menor de 5 mm. Las temperaturas mensuales promedio oscilan entre 11.6° C y 17.4° C un promedio anual de 15° C. El suelo es de tipo Feozem, con textura media.

3.1.2 Arbolado del Campus Chapingo. Parte del arbolado del Campus de la Universidad Autónoma de Chapingo, del Campo Agrícola Experimental UACH, de la colonia de los maestros de la UACH y de las áreas aledañas, está formado por ejemplares de pirú *Schinus molle* L. de edades variables. Se eligieron algunos ejemplares para su observación en éstas áreas, para dar seguimiento a las diversas variables observadas a lo largo del estudio, y tomar muestras de *Calophya rubra*, de sus enemigos naturales, y de su dispersión.

3.2 Arbolado de estudio

3.2.1 Observaciones sobre *C. rubra* en Insectario. Para el estudio de *C. rubra* se colocaron diez árboles pequeños (50 cm de altura) dentro de una habitación del Insectario DiCiFo-UACH. Los árboles se trasplantaron a macetas con tierra de monte y se podaron para favorecer su desarrollo foliar, se regaron dos veces por semana. Una vez desarrollados los primeros foliolos, se numeraron con corrector, remarcándolos cada mes y medio.

Infestación con *C. rubra*. Se aislaron parejas de adultos de *C. rubra* y se colocó una bolsa de malla de organdí sobre cada brote tierno. De ahí se obtuvieron las siguientes observaciones: número de huevecillos por pareja, tiempo de maduración de los huevecillos hasta su eclosión, emergencia de las ninfas móviles de primer estadio y establecimiento de las ninfas en las raquiolas y raquis de los foliolos. Para un conjunto de individuos se observó su desarrollo de huevecillo a adulto y se anotaron: número de estados ninfales, sus respectivas exuvias y emergencia de adultos. También se observó el comportamiento sexual y de apareamiento, de movilización de ninfas y adultos, hábitos alimenticios y de oviposición. La temperatura mínima y máxima se registró con un termómetro diariamente desde septiembre 1997 a junio 1998.

3.2.2 Observaciones *in situ* sobre *C. rubra*. Para 1997-1998 se eligieron siete árboles, seis dentro del Campus Chapingo con características similares en altura y diámetro de fuste, y uno de ellos con tres fustes dentro del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (CAEUACH), con la finalidad de efectuar observaciones periódicas de hábitos y comportamiento a nivel de campo, tanto del psílido como de su parasitoide. Se

numeró temporalmente a cada árbol para su seguimiento y registro de las observaciones mencionadas a continuación. Se realizaron colectas directas sobre el follaje, ramas y corteza del tronco. Los insectos capturados, fitófagos y enemigos naturales de ellos, se fijaron en una solución de alcohol al 70%. Las pupas de Lepidoptera colectadas sobre el tronco, se mantuvieron varios meses en el Insectario hasta que emergieron como adultos.

Para el seguimiento fenológico del pirú, se etiquetó un árbol en las cercanías al Campus Chapingo, donde se eligieron cinco ramas con diferentes exposiciones, de 50 centímetros de longitud cada una, etiquetándose para observar su desarrollo foliar, expansión de foliolos y foliolulos; también se hicieron observaciones sobre los hábitos de oviposición de los adultos del psílido, y sobre el desarrollo y ubicación de las ninfas emergidas en el haz y en el envés de los foliolulos extendidos. Los datos climáticos diarios fueron tomados del Observatorio Meteorológico del Campus Chapingo (junio 1997 a junio 1998), y resumidos semanalmente para temperatura (con bulbo seco), humedad relativa (mínima, media y máxima), precipitación, evaporación y temperatura (con bulbo húmedo).

3.3 Obtención de adultos y ninfas de *Calophya rubra* (Blanchard)

3.3.1 Colecta de adultos en campo. Las colectas de adultos se efectuaron mediante la elección al azar de tres foliolos de una rama del árbol del CAEUACH, las cuales se sacudieron 20 veces vigorosamente sobre un plato blanco desechable, aceitado, de 40 cm de diámetro, sosteniéndolo a una distancia de 10 cm del último foliolo colgante (figura 3b). Al sacudir el follaje, se procuró sacudir el resto del follaje de la rama para evitar una

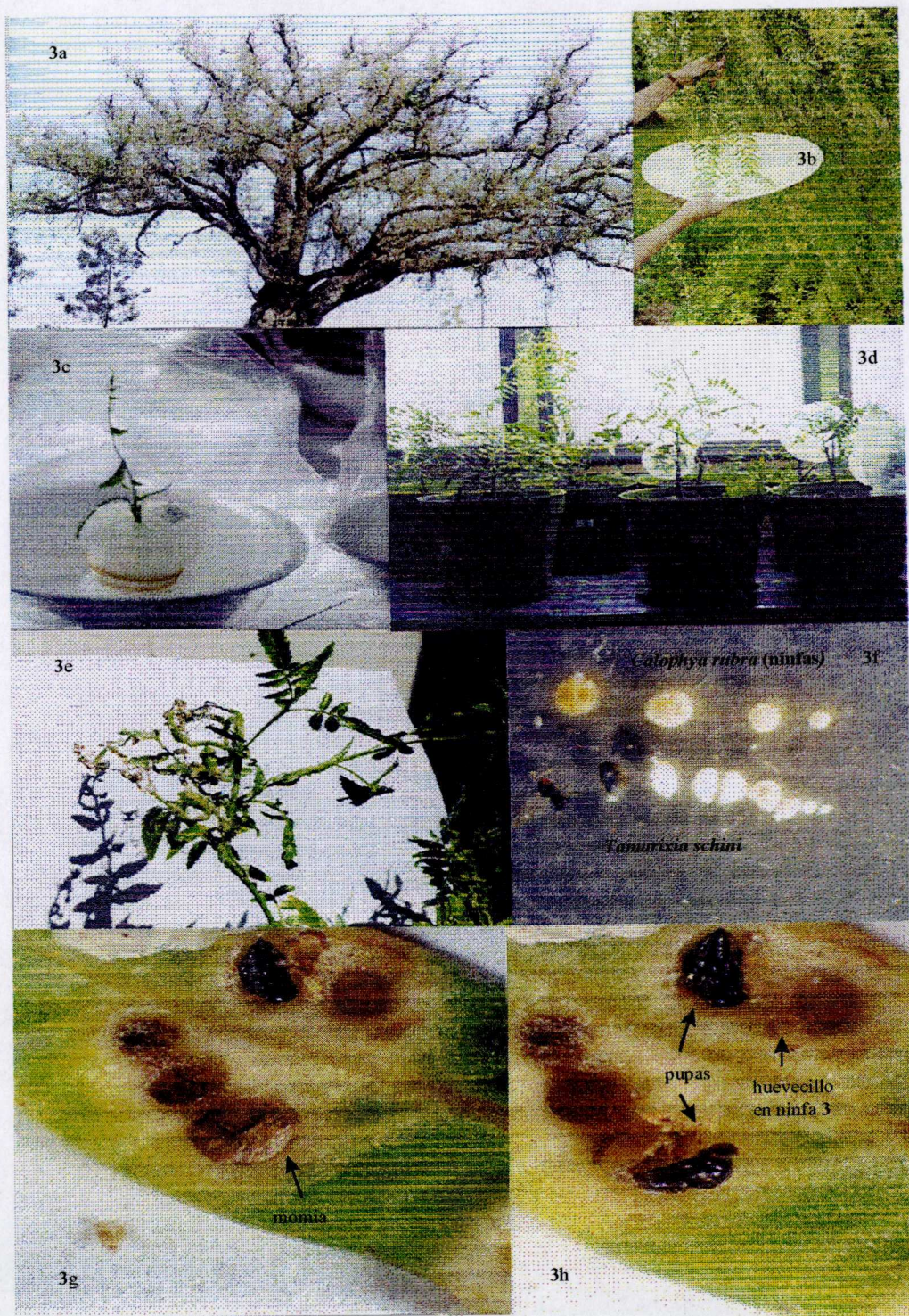


Figura 3. 3a, aspecto de un árbol de pirú dañado por diversos factores; 3b, colecta de adultos de *Calophya rubra* (Hom: Psyllidae) y de *Tamarixia schini* (Hym: Eulophidae); 3c, mantenimiento de una pareja en cada brote sano para oviposición; 3d, pirúl en el laboratorio con bolsas de organdi; 3e, brote con daño severo de *C. r.*; 3f, estados susceptibles de *C. r.* al parasitoide *T. schini* (adulto, pupa, larvas y huevecillo); 3g-h, vista al estereomicroscopio: ninfas de *C.r.* momificadas parasitadas (N5), al levantar la momia se encuentra la pupa del parasitoide, N3 con huevecillo del parasitoide debajo.

sobreestimación del número. Se realizaron 20 colectas de 20 sacudidas cada una, en cuatro exposiciones. Como material adherente se usaron 10 gotas de aceite Mennen, distribuyéndose homogéneamente para impedir que los adultos saltaran del plato y pudieran ser contados, sexados y colectados en solución de alcohol al 70% para su medición y revisión posterior, pasándolos por Acetato de amilo para separar el excedente de aceite. Esta misma técnica se usó para la colecta y preservación de sus parasitoides adultos y otros insectos pequeños. El montaje de insectos en general se hizo mediante montajes fijos, temporales, y en alfileres entomológicos y/o en triángulos de cartulina, de acuerdo al tamaño del insecto.

Para obtener material vivo, se colectaron periódicamente 10 ramillas apicales de 50 cm de longitud, las cuales se guardaron en bolsas de papel (en caso de no ser revisadas prontamente) ó de plástico (para su inmediata revisión en el laboratorio). De ahí se extrajeron las ninfas N5 maduras para la emergencia de adultos de *C. rubra* únicamente, los cuales, ya emergidos, se sexaron y se colocaron para la infestación del material vegetal instalado en el Insectario (10 macetas) (figura 3c-d). El material vivo restante se fijó en alcohol al 70% para uso posterior.

3.3.2 Colecta de ninfas y huevecillos en campo. El resto de las ramillas apicales colectadas se aprovechó para realizar observaciones y conteos de ninfas y huevecillos provenientes de las poblaciones del campo. Algunas muestras de ninfas se fijaron en alcohol al 70%; de ahí se tomaron submuestras de todos los estados ninfales para aplicarles

la técnica de aclareo para su montaje, la cual se describe como sigue: 1) se colocan las ninfas en solución de hidróxido de potasio al 10% por 24 hr a temperatura ambiente, 2) se lavan en agua destilada a 60° C por 10 min, 3) se deshidratan en alcoholes (70%, 90% y 100%) por 20 min en cada uno, 4) se colocan en alcohol al 100% por 20 min, 5) se dejan en xilol puro por lo menos 30 min (pueden mantenerse así indefinidamente), 6) se hace el montaje en portaobjetos con Bálsamo de Canadá (Prado y Valdez, 1990).

La cuantificación de los huevecillos de *C. rubra* se hizo en brotes tiernos y foliolos y foliolulos extendidos (figuras 3c, e). Para su conteo y/o medición posterior se fijaron brotes de pirú de hasta 10 cm de longitud en solución de alcohol al 70%; otros huevecillos se transfirieron a portaobjetos, cubriéndolos con una gota pequeña de lactofenol para su contraste; otros más fueron montados directamente con Bálsamo de Canadá.

Una vez elaborados los montajes en portaobjetos se midieron el ancho y largo de las ninfas y de las exuvias de cada uno de los estados ninfales, usando reglillas micrométricas (ocular y objetivo) en un microscopio marca Zeiss. Para su análisis se consideró que los datos del largo y ancho obtenidos de ninfas y exuvias, son una muestra aleatoria de la población de *C. rubra* existente en el Campus de la UACH. Para determinar si provenían de una población con distribución normal, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para la hipótesis nula H_0 : la muestra proviene de una población normal, contra la hipótesis alternativa H_a : los datos provienen de una población diferente a la normal, mediante el estadístico W. La prueba se aplicó mediante el procedimiento UNIVARIATE del sistema

SAS (1988). Considerando que en algunos casos la distribución estadística no fue normal, se realizó un análisis de los valores extremos, eliminándose cinco datos que muy probablemente fueron errores de medición, dado que estuvieron con valores estandarizados superiores a las ± 4 Desviación Estándar. Con ésta depuración de la base de datos, la mayoría de las subpoblaciones tuvieron distribución normal.

Para observar la separación de los estados ninfales se realizó la transformación de componentes principales para las variables largo y ancho de las ninfas (Mardia *et al.*, 1979). Se usó el primer componente principal para calcular la probabilidad de que el valor mínimo y máximo observado de un estado ninfal se traslapara con el estado contiguo mediante la estandarización de los valores extremos de cada estado ninfal, calculando su probabilidad de acuerdo a la distribución normal.

3.4 Ciclo de vida de *Calophya rubra* (Blanchard)

3.4.1 Seguimiento del ciclo de vida en campo. Se inició con el marcado de ramillas y etiquetado de brotes tiernos con huevecillos, para dar seguimiento a la cohorte de 529 huevecillos iniciales. Se observó el tiempo de maduración de los huevecillos, eclosión, movimiento de las ninfas hacia los alrededores, conteo de ninfas N1, y su seguimiento hasta el estado adulto.

3.4.2 Seguimiento del ciclo de vida en el Insectario. De las 10 plantas de pirú en el Insectario se seleccionaron brotes tiernos, con foliolulos sin expandir y con al menos un

foliolo extendido, numerándose los brotes(figura 3d). En ellos se sexaron y aislaron 20 parejas de adultos de *C. rubra* colocando una bolsa de malla de organdí de 20-40 cm de longitud, con la base de plástico cristal de 18 cm de diámetro, y con boca del mismo diámetro, con jareta. En algunos de los brotes se aisló una pareja, y en otros dos parejas. En brotes aislados mediante la técnica que se observa en la figura 3c, se incluyó una pareja. Se revisaron diariamente para observar comportamiento, hábitos alimenticios, y número de oviposaduras por hembra. Los individuos se dejaron dentro del brote hasta la muerte del macho o la hembra, teniendo por alimento la planta de pirú.

Las ninfas eclosionadas fueron observadas periódicamente para la verificación del cambio de un estado ninfal a otro (figuras 3e, g). Las exuvias derivadas de la ecdisis se colectaron y prepararon de acuerdo a la técnica de Prado y Valdez (1990) en los incisos: 4 (se repite dos veces), 5 y 6, siendo breve entre un alcohol y otro, porque de lo contrario se quiebran y se secan. La medición de las exuvias se realizó como se indica en el punto 3.3.2 (figuras 6k-l). La progenie de adultos obtenidos en el insectario a partir de adultos del campo, fueron fijados en solución de alcohol al 70% para su medición.

3.5 Obtención de enemigos naturales de *C. rubra* (Blanchard).

3.5.1 Depredadores potenciales. La colecta se efectuó de forma directa sobre el follaje, corteza de ramas o tronco del pirú, durante las observaciones periódicas, fijando los insectos y arácnidos en frascos con solución de alcohol al 70%. Mediante claves se revisó

la ubicación taxonómica de la mayor parte del material, y bibliográficamente, su potencial como depredador.

3.5.2 Parasitoides potenciales. Durante las colectas en campo se usó la misma técnica expuesta en el punto 3.3.1, donde se colectaron periódicamente 10 ramillas apicales de 50 cm de longitud, guardándose en bolsas de papel ó de plástico. En el Insectario y con la ayuda de una lupa de mano, se revisó a contraluz la tonalidad de las ninfas; las que están parasitadas por larvas o pupas de himenópteros muestran tono amarillo ocre o café oscuro, a diferencia de las no-parasitadas que son de tono amarillo claro. Se contó el número de ninfas sanas y parasitadas, se separaron las parasitadas de forma individual (figura 4), anotando el estado de desarrollo del parásito y su emergencia para lo cual: 1) se cortó una sección de foliolulo incluyendo la ninfa parasitada; 2) se adhirió con lápiz adhesivo el bordo de una mitad de cápsula de gelatina transparente del No.4 alrededor de cada ninfa; 3) se colocaron sin traslape varias secciones como la anterior dentro de un recipiente plástico de 4 cm de diámetro y 1.5 cm de alto, para evitar enmohecimiento y facilitar las observaciones; 4) se revisaron diariamente para observar la emergencia de adultos. El material vivo restante se fijó en alcohol al 70% para uso posterior.

Al emerger los adultos se ubicaron taxonómicamente mediante Borror y White (1970) y Arnett (1985) a nivel de familia. A nivel de género se ubicó mediante Graham (1987) y Gibson *et al.* (1997) en el Colegio de Posgraduados por el M.C. J. Refugio Lomelí Flores, y a nivel de especie se hizo en el Museo Essig por el Dr. Robert Zuparko, en Berkeley, California. Al rectificar la presencia de una sola especie de parasitoide, se cambió la

técnica de obtención del adulto de manera masiva mediante la siguiente secuencia: 1) se colocaron secciones de foliolulo con material parasitado dentro un recipiente para hielos de 12 compartimentos (color blanco para facilitar la observación de los parasitoides). 2) en cada compartimento se colocaron 15 secciones de foliolulos con ninfas parasitadas, 3) se cubrió todo el recipiente con plástico adherente para alimentos, y colocando en su parte superior interna un algodón comprimido apenas humedecido para proporcionar humedad, 4) se verificó diariamente el nivel de humedad para evitar el exceso o falta de ella, para reducir la pérdida del material, sea por incidencia de hongos o resequedad excesiva, 5) se revisó en varios intervalos al día para ver emergencia de adultos.

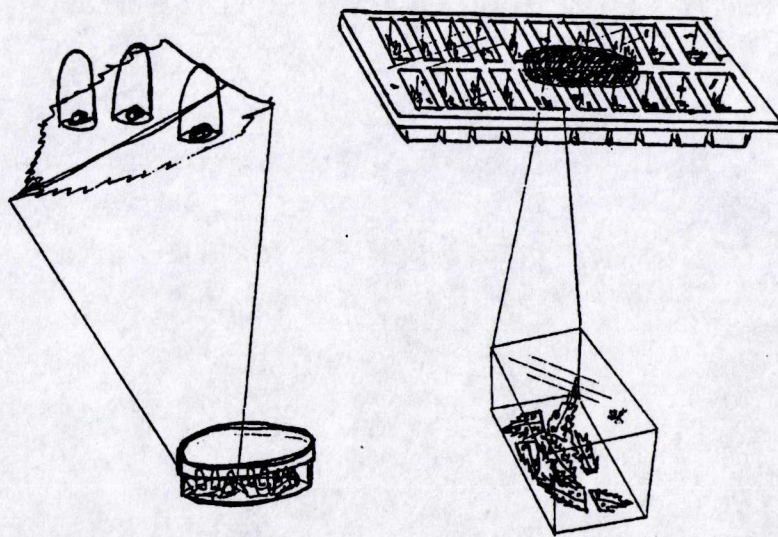


Figura 4. Técnica empleada para la emergencia de insectos parasitoides de *Calophya rubra* (Blanchard)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de los estados de *Calophya rubra* (Blanchard)

4.1.1 Descripción de los diferentes estados de desarrollo. El tipo de metamorfosis que posee el psílido del pirú es simple, con una metamorfosis gradual (Paurometábola). Inicia su desarrollo a partir de un huevo; en los estados juveniles ó ninfales se pueden distinguir los ojos compuestos, el desarrollo externo de las alas durante los estados más tempranos, y no se presenta un estado de reposo (quiescencia) o pupa antes de la última muda. Los órganos sexuales externos aparecen post-embriónicamente y se desarrollan de forma continua a través de los estados ninfales. Las diferencias morfológicas del macho y la hembra se dá en el quinto estado ninfal. A lo largo de su desarrollo (N1 a N5), la ninfa siempre queda expuesta al medio en posición dorsal, por lo que necesariamente su morfología es plana. Las fotografías que se presentan en las figuras 3, 5, 6 sobre los estados de desarrollo de *C. rubra* así como la figura 17 (e, h) son el resultado de una parte de las observaciones efectuadas a lo largo del estudio; las figuras 5b-d pertenecen a la Universidad de California (IPM).

4.1.1.1 Estado de huevecillo. Forma y estructura. La forma de los huevecillos de *C. rubra* es oval, siendo más redondeado del extremo apical y más agudo del extremo basal (figura 5h-j). Su color es blanco cuando está recién depositado y gris oscuro metálico cuando está maduro. En su parte basal tiene un pedicelo basal ó tallo basal que funciona

como un hidrópilo, el cual es una especie de pelillo con el que se adhiere al tejido vegetal (figura 5g) y que según Hodkinson (1974) sirve para proporcionarle humedad y fijación para resistir la sequía, vientos, lluvia, y demás eventos que pudieran colapsarlo. El hidrópilo lo inserta la hembra sobre la parte interna de los crecimientos vegetales más tiernos, preferentemente entre los espacios de cada una de las hojas del pirú aún sin extender, arreglados de manera paralela a las hojas ó entre las axilas de los brotes. Hinton (1981) infiere que existe un sistema respiratorio que comunica con el ambiente aéreo a través de aerópilos que se encuentran sobre el corion. El huevecillo translúcido muestra en su parte externa un micrópilo colocado en la parte opuesta a donde está en pedicelo basal (figura 5h). Desde su oviposición son visibles las estructuras internas y también la presencia de los micetocitos anaranjados que formarán parte del componente endosimbiótico de las ninfas dentro de los micetomas (figura 5g-j). Cuando los huevecillos pierden humedad por algún evento azaroso, llegan a perder el 50% de su tamaño normal al colapsarse y deshidratarse. El color del huevecillo se modifica a lo largo de una semana conforme madura hacia el primer estado ninfal, cambiando su coloración (color blanco translúcido $\Rightarrow$ gris ostión $\Rightarrow$ gris metálico nacarado $\Rightarrow$ café grisáceo metálico oscuro) hasta su eclosión.

Ubicación y medición. En las colectas en campo a partir de foliolos jóvenes, de 529 huevecillos contados, el 67% se encuentra en la parte media y basal del foliolo, el 10% en el raquis y el 23% en el ápice. En brotes muy tiernos aún sin expandir, se puede encontrar hasta el 33% de los huevecillos de poblaciones de *C. rubra*. Las mediciones efectuadas a

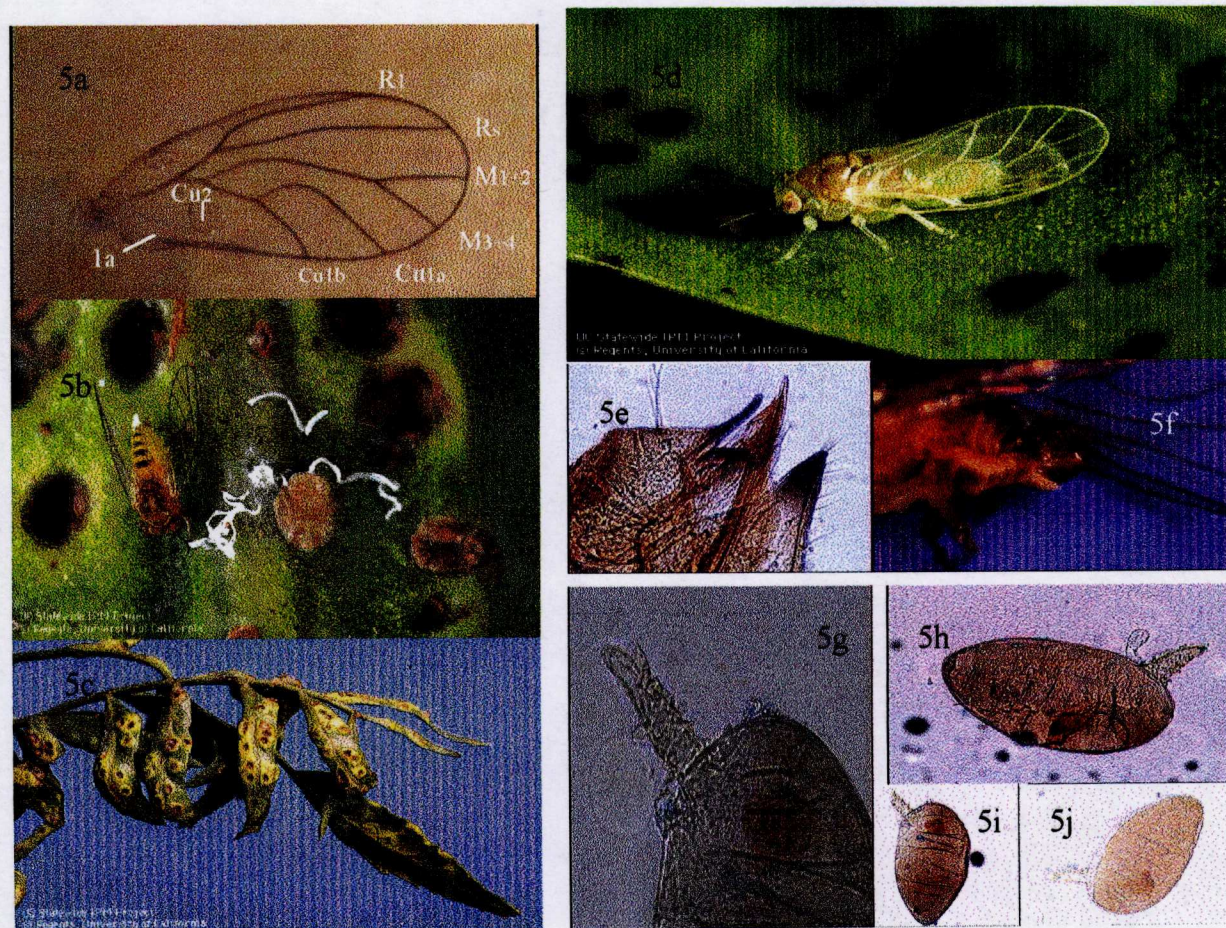


Figura 5. Adultos, ninfas y huevecillos de *Calophya rubra* (Blanchard). 5a, patrón de venación del ala anterior (FW) característico del género *Calophya*; 5b, ninfas con filamentos de cera; 5c, daños al follaje de pirú *Schinus molle*; 5d, adulto; 5e, valvas hembra (20x); 5f, proctígero macho (20x); 5g-j, huevecillos de *C. rubra* (40x, 20x, 10x).

partir de las muestras tanto de campo como de laboratorio, se realizaron micrométricamente e incluyeron el ancho del huevecillo en su parte media, el largo (extremos más distantes), y la longitud del pedicelo o hidrópilo, obteniéndose los valores estadísticos que se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Datos de huevecillos de *Calophya rubra* (Blanchard) en Chapingo, Edo. de Méx. 1997

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Pedicelo (mm)
media	0.2505	0.1263	0.0733
E.S.Media	0.0030	0.0013	0.0012
Desv.Std.	0.0148	0.0065	0.0061
n	24	24	24
mín	0.2261	0.1130	0.0628
máx	0.2914	0.1457	0.0833
ICmin 95%	0.2446	0.1237	0.0708
ICmáx 95%	0.2564	0.1289	0.0758
Tam. de muestra	8.4	6.5	5.9

Microorganismos simbioses. Es común encontrar que los insectos chupadores de plantas, los insectos chupadores de sangre e insectos monófagos, presenten microorganismos simbioses extra- ó intracelularmente. Las simbiosis en los insectos son un reflejo de la versatilidad de sus estrategias alimenticias, y de acuerdo a ello se ganan o se pierden endosimbioses. Los insectos que se alimentan del parénquima generalmente no requieren simbioses porque la célula de la planta le provee de una dieta balanceada. Por el contrario, los insectos del xilema y floema probablemente requieren una mayor diversidad de

simbiontes debido al bajo contenido nutricional de los fluidos ingeridos (Gullan y Kosztarab, 1997).

La simbiosis intracelular (endosimbiosis ó endocitobiosis) existe en los homópteros, áfidos y chicharritas principalmente, y se heredan los endosimbiontes obligados a través de la línea materna. Difiere la manera de penetración de los endosimbiontes en el ovario y óvulo de los insectos (fase de infección transovárica) y se desconocen los mecanismos que regulan ésta fase. El número y ubicación de los endosimbiontes pueden ser controlados genéticamente por el insecto y ser regulados por lisozimas en la hemolinfa, hormonas, antiproteínas y fagocitos. En el caso de los simbiontes de los homópteros, los micetocitos se establecen durante la embriogénesis y forman una estructura más compleja denominada micetomas. Estas estructuras pueden observarse en el huevecillo de *C. rubra* (figura 5g-j), en la ninfa N1 (figura 6f) y en la ninfa N2 (figura 6e), donde se muestran los micetomas en la parte interna del abdomen de tono amarillo-anaranjado en forma de U, en la mitad basal del abdomen (figuras 6k-l, ninfa N4). Los micetomas son asociaciones de micetocitos que contienen simbiontes intracelulares los cuales tienen rasgos morfológicos característicos de los procariotes usualmente Eubacteriales, y varían su forma desde bacterias típicas hasta formas polimórficas que se consideran como rickettsias. Casi todos éstos simbiontes tienen dos membranas endógenas celulares y una tercera membrana proveniente del hospedante (formas vegetativas), mientras que las formas infecciosas tienen dos membranas. Para el caso del psílido *Pyslla pyricola* los simbiontes tienen polimorfismo, miden de 1-4 micras, poseen 3 membranas, y responden a las tinciones como Gram negativos y Machiavello positivos (Houk y Griffiths, 1980). Se desconoce aún para el caso de *Calophya* cómo

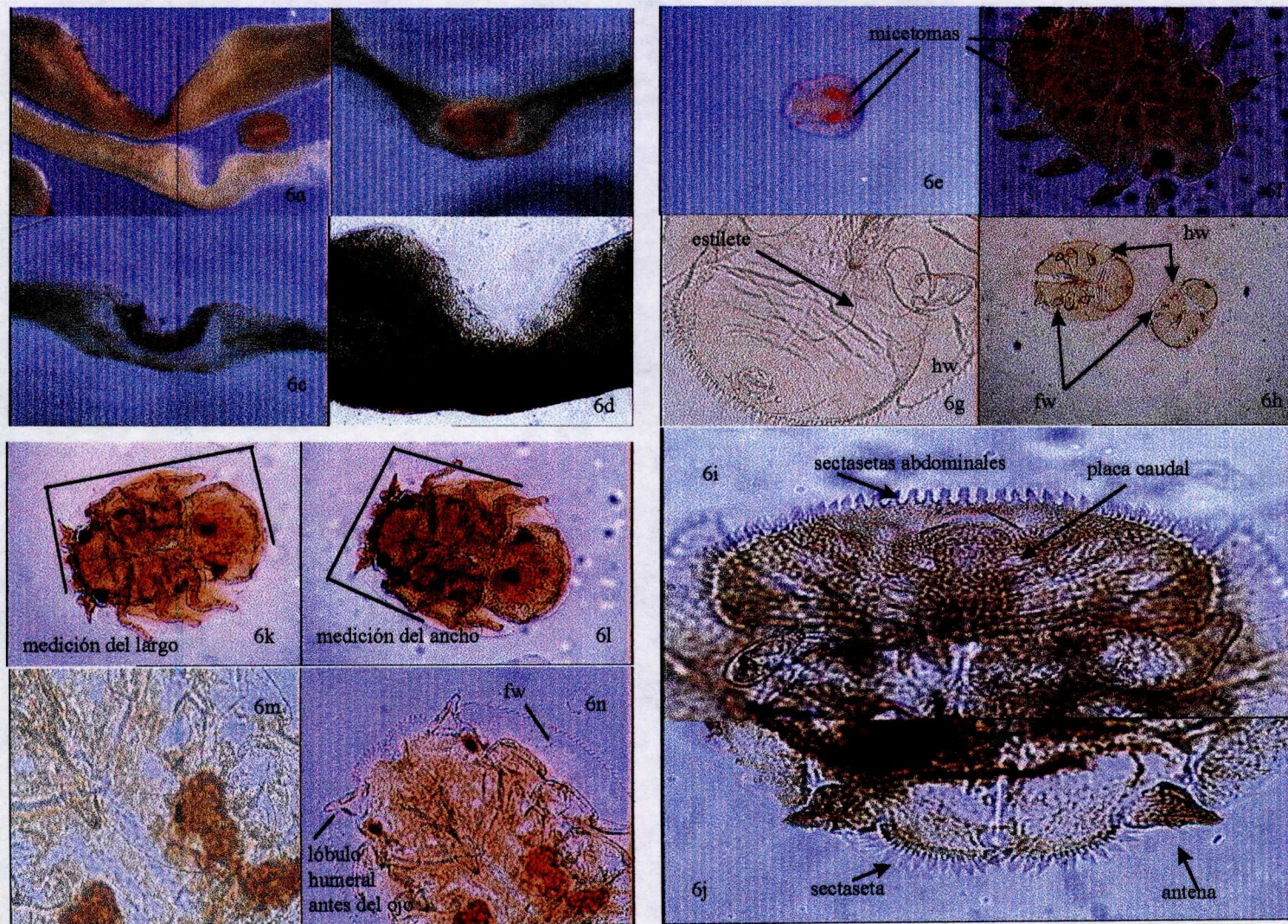


Figura 6. Ninfas y exuvias de *Calophya rubra*. a-d, Cortes transversales de las agallas en hojas de pirú causadas por ninfas con diferentes aspectos de la fosa alimentaria y su necrosis; e-f, ninfas N2 y N1 mostrando sus micetomas; g, vista ventral de exuvia de N5 mostrando el anillo circumanal y sus setas; h, exuvias de N4 y N3 (4x); i, ninfa N3 mostrando un acercamiento de sus ornamentaciones abdominales; j, ornamentaciones de la cabeza y antenas; k-l, ninfa del cuarto estado, vista ventral y dorsal (nótese las alas en desarrollo desde N3); m-n, vista ventral de N3 mostrando antena, clipeo y labium, con estiletes alimentarios más largos que el labium, los cuales son retraíbles en un bucle libre debajo de la cabeza (también en figura 6g).

penetran específicamente los simbioses dentro de los micetomas; sin embargo, para las chicharritas *Laodelphax striatellus* el endosimbionte que posee dentro del micetoma lo transfiere del cuerpo graso al ovario, y penetra dentro del huevo como una esfera simbiótica a través del pedicelo del ovario. Es posible que en *C. rubra* exista la transmisión transovárica de los simbioses de la generación de los progenitores a la de los descendientes, como sucede en algunos Homoptera, y muestre dependencia por su simbiote intracelular para su desarrollo fisiológico y nutricional. Además, los estados ninfales del psílido del pirú requieren mayor cantidad de elementos nutricionales para su crecimiento y desarrollo, por lo que se piensa que el tamaño de los micetomas es proporcional a la demanda de los elementos nutricionales (figuras 6e-f, k-l, n). Estos microorganismos suplen las deficiencias de alimentos incompletos y producen sustancias indispensables para su crecimiento y reproducción como vitaminas, enzimas y otros elementos nutricionales (Galindo, 1991). Aún no se ha esclarecido bien el papel que tienen éstos microorganismos, considerando la dificultad en su aislamiento y cultivo. Por otro lado, cuando se han aplicado antibióticos sobre los insectos plaga para reducir el número de simbioses, se ha encontrado que bajan sus tasas reproductivas y de crecimiento y muestran dificultades en su metamorfosis y en sus mudas, pudiendo llegar a la muerte. Es probable que la aplicación de antibióticos o inhibidores metabólicos que mermen a los simbioses (Houk y Griffiths, 1980) sea una estrategia potencial para el control poblacional del psílido del pirú o insectos afines.

4.1.1.2 Primer estadio ninfal (N1). Estas ninfas son las más pequeñas y móviles; su apariencia es oval, aplanada, con patas obscurecidas, cuerpo amarillento, ojos rosados

(figura 6f). Las ninfas recién eclosionadas presentan una coloración amarillo-blanquecina en su parte abdominal, y amarilla en el tórax y la cabeza. Un día después de haber emergido, la coloración amarilla se generaliza para todo el cuerpo, a excepción de las patas. La mayor parte de su cuerpo muestra setas y aún no desarrolla estructuras a manera de ornamentaciones. Las patas se mantienen en posición casi extendida, a diferencia de los demás estados ninfales. Su estilete u órgano de ingestión es aún pequeño, pero más grande que el labium bajo la cabeza. Desde este estado ninfal se aprecian los micetomas (figura 6f).

4.1.1.3 Segundo estadio ninfal (N2). Las ninfas del segundo estadio ninfal se transforman de una ninfa casi plana, cada vez más gruesa, con una tendencia a ser poco menos oval. Al observar dorsalmente a la ninfa del segundo estado, podrán verse los tarsos oscurecidos, pero de menor tamaño en relación al cuerpo. Conforme engrosa la ninfa, las patas se van plegando cada vez más ventralmente. La coloración del cuerpo continúa siendo la misma pero sus ojos se tornan rojos (figura 6e). Las estructuras como las setas comienzan a diferenciarse y se desarrollan un poco las antenas, con setas apenas distinguibles. Las estructuras bucales y estiletes se alargan más, proporcionalmente.

4.1.1.4 Tercer estadio ninfal (N3). La ninfa se torna redondeada siendo menos oval, engrosa con una tendencia similar a un embudo en su parte ventral, siendo el vórtice su aparato bucal. El aparato bucal o estilete semeja a tres hilos de seda, de longitud igual al ancho de la ninfa. Este sale como una extensión del interior del aparato bucal o labium de la ninfa, y se mantiene como un bucle libre bajo la cabeza (figura 6m-n). La coloración

corporal es amarilla pero con leves tonos amarillo ocre; las patas se tornan amarillas, quedando únicamente los tarsos oscurecidos. Los patrones alares tanto del ala anterior (AA) como de la posterior (AP) se van definiendo desde este estadio, y el ápice de la AA se mantiene adyacente al margen de la AP, dado un margen exterior continuo entre las dos alas. La expansión de la antena y de sus setas, y de las sectasetas corporales comienzan a distinguirse individualmente (figura 6h).

4.1.1.5 Cuarto estadio ninfal (N4). La ninfa tiene una apariencia cónica en su parte ventral y redondeada en su parte dorsal; es más gruesa que las ninfas de los tres estados previos, al menos dos terceras partes de la dimensión de la anchura. Su coloración es amarillo ocre, diferenciable de las ninfas anteriores por su tonalidad y dimensión. El aparato bucal crece de manera proporcional al tamaño de la ninfa. Las estructuras dorsales y ventrales, así como las de la cabeza adquieren mayor definición en esta etapa; se distinguen claramente las sectasetas que rodean su cuerpo, así como las sectasetas de las antenas y de la cabeza (figuras 6h,k-l). Las alas AA y las AP se muestran bien diferenciadas y marcadas sobre el dorso, y el ápice de la AA se mantiene adyacente al margen de la AP, permaneciendo un margen exterior continuo entre las dos alas.

4.1.1.6 Quinto estadio ninfal (N5). La ninfa de último estado tiene bien definidas lo que serán posteriormente las estructuras del adulto. En este estado pueden diferenciarse los sexos debido principalmente a la coloración; no se detallaron las diferencias morfológicas sexuales externas. La coloración de la hembra muestra un tono verde vivo en la parte abdominal, mientras que el macho tiene tonos que van de amarillo oscuro a café castaño.

El tamaño del estilete alcanza su máxima longitud y anchura, envuelto en una unidad mediante un fascículo, el cual es del mismo tamaño cuando llega al estado adulto. Las alas AA y AP se muestran desarrolladas en su interior, identificándose sus pliegues translúcidos. Una vez reconocido este último estado, al separar a esta ninfa para su mantenimiento, se puede esperar que en el día siguiente emerja e incluso en doce horas después, dependiendo del nivel de madurez que tenga la ninfa para llegar al estado adulto. Si se compara a las ninfas por tamaño, la distancia entre ojos en la ninfas de este estado (N5) es equivalente a casi la longitud de la ninfa del estado 1 (N1). Las ninfas N1 a N5 producen hilos blancos de cera de hasta 2 mm de longitud (figura 5b); el anillo circunanal de las ninfas se puede apreciar en la figura 6g.

4.1.1.7 Estado adulto. El adulto del psílido del pirú muestra dimorfismo sexual, principalmente en el patrón de coloración y en la terminación abdominal. Con una lupa puede confirmarse la diferencia estructural externa entre ambos sexos al observarlos lateral o dorsalmente, ó con un estereomicroscopio para diferenciarlos con certeza.

Su patrón alar es igual en los dos sexos, así como la forma de las antenas y de las patas. Sus alas son membranosas, endurecidas y en estado de reposo les dan la apariencia de cíadas, pero de tamaño muy pequeño. Las alas son hialinas, las AA con venaciones y setas características de los psílicos (figuras 5a, d), y las AP sin venaciones, sólo con puntuaciones y setas finas; las AA alcanzan a cubrir el abdomen y el meta- y mesotórax. Las antenas tienen 10 segmentos, y se mantienen curvadas hacia atrás por encima del tórax. Las patas tienen coloración similar, tarsos de 2-segmentos, color negro, con 2 empodios y con 2 uñas

que le permiten asirse del tejido vegetal, ó el macho con la hembra. Ambos sexos son activos y pueden saltar al ser perturbados. La hembra difiere del macho en su coloración y estructuras sexuales externas (figuras 5e, 5f, 1K). Se reconoce por poseer el abdomen verde brillante así como la parte basal del tórax, mientras que la cabeza y la parte apical del tórax son de tonos amarillo ocre (figura 5d). En el último esternito abdominal se encuentran cuatro valvas de color negro, que unidas dan la impresión de ser una especie de aguijón en la parte caudal cuando se les observa dorsal o lateralmente (figura 5e).

El macho se caracteriza por tener una coloración amarillo ocre en la mayor parte del cuerpo, y verde claro sólo en las comisuras del abdomen y tórax. Tiene una estructura externa en el 9o. esternito abdominal, en forma de capuchón, denominado hipandrio ó placa subgenital, en la parte basal de tres estructuras externas denominadas proctígero (el cual tiene al ano es su terminación), el aedeago (forma un ángulo de 90°), y los forceps con setas finas (figura 1M). Estas cuatro estructuras se aprecian como una sola unidad desde una vista lateral en la figura 5f. Ossiannilsson *et al.* (1970) mencionan que en la parte interna de estas estructuras se encuentra la bomba espermática y las placas basales o conectivas.

Se midieron 30 ejemplares adultos machos y hembras colectados en el campo y de los emergidos en el Insectario. Los promedios de los datos de las mediciones se presentan en el cuadro 5. De manera general, en estos datos se observa una talla menor que en los proporcionados por Burckhardt (1988) para la misma especie, medidos a partir de ejemplares argentinos depositados en museos y colecciones entomológicas, probablemente debido a variaciones geográficas en latitud y altitud.

Cuadro 5. Mediciones de adultos de *Calophya rubra* (Blanchard) en Chapingo, Edo. de Méx.

Variable	Adultos ambos sexos (mm): largo (media)	Adultos ambos sexos (mm): ancho (media)
Cabeza	0.200	0.538
Tórax	0.550	0.575
Abdomen	0.575	0.450
Ala anterior AA	1.875	0.800
Ala posterior AP	1.250	0.479
Dist.entre ojos	0.450	--
Diám.del ojo	0.100	--
Largo antena	0.4875	--
Largo corporal	1.350	--
Largo total	2.700	--

4.1.2 Separación de los estadios ninfales y sus exuvias. Los ejemplares colectados en campo se aclararon y colocaron en montajes temporales y permanentes, siendo un total de 551 individuos medidos (194 ninfas y 357 exuvias). En los cuadros 6 y 7 se presentan las estadísticas de los diferentes estados ninfales de *Calophya rubra* medidas en el Insectario. Se puede observar que los estados ninfales no se traslapan en el rango de distribución de las variables largo y ancho.

Cuadro 6. Estadísticas del largo de las ninfas de *Calophya rubra*

Estado	N1	N2	N3	N4	N5
n	31	16	30	30	87
Media	0.2306	0.3440	0.4959	0.6832	1.0744
Desv. Est.	0.3242	0.0339	0.0439	0.0740	0.1159
Mín.	0.1884	0.3014	0.4270	0.6029	0.8792
Máx	0.2889	0.3969	0.5778	0.8541	1.5373

Cuadro 7. Estadísticas del ancho de las ninfas de *Calophya rubra*

Estado	N1	N2	N3	N4	N5
n	31	16	30	30	87
Media	0.1705	0.2844	0.4032	0.5803	0.9858
Desv. Est.	0.0373	0.0305	0.0411	0.0592	0.0842
Mín.	0.1130	0.2512	0.3330	0.5024	0.8038
Máx	0.2462	0.3316	0.4773	0.7536	1.1806

Los cuadros 8 y 9 muestran las estadísticas para las mediciones de las exuvias de *Calophya rubra*, en donde se observa también que no existe traslape en los rangos de dispersión de las variables largo y ancho, aunque es notable que en la variable largo sus límites mínimo y máximo son muy cercanos, lo que no sucede con la variable ancho, en la cual se observa un intervalo relativamente grande entre el máximo y el mínimo de estados ninfales contiguos (figuras 7 y 8).

Cuadro 8. Estadísticas del largo de las exuvias de *Calophya rubra*

Estado	N1	N2	N3	N4	N5
n	61	119	68	39	70
Media	0.2412	0.3602	0.4995	0.7670	1.1116
Desv. Est.	0.0247	0.0215	0.0330	0.0329	0.0879
Mín	0.1875	0.2918	0.4021	0.5780	0.9169
Máx	0.2917	0.4019	0.5778	0.8541	1.3816

Cuadro 9. Estadísticas del ancho de las exuvias de *Calophya rubra*

Estado	N1	N2	N3	N4	N5
n	61	119	68	39	70
Media	0.1770	0.2938	0.4200	0.6688	1.0115
Desv. Est.	0.0140	0.0182	0.0248	0.0591	0.0526
Mín	0.1458	0.2500	0.3750	0.5526	0.8918
Máx	0.2083	0.3266	0.4898	0.7662	1.1555

Estos intervalos se inician desde la ecdisis ó separación de la cutícula vieja (exuvia) de un estado ninfal al otro, que incluye el período breve de tiempo en que la ninfa crece en tamaño al tomar agua y aire para expanderse hasta llegar al tamaño ninfal siguiente, donde endurece paulatinamente su cutícula nueva. Estos períodos de crecimiento corporal de un estado ninfal al siguiente, se aprecian en el incremento del ancho encontrado, que equivalen a un crecimiento geométrico de 0.0417 mm de N1 a N2, 0.0484 mm de N2 a N3, 0.0628 mm de N3 a N4 y de 0.1256 mm de N4 a N5 (figura 8).

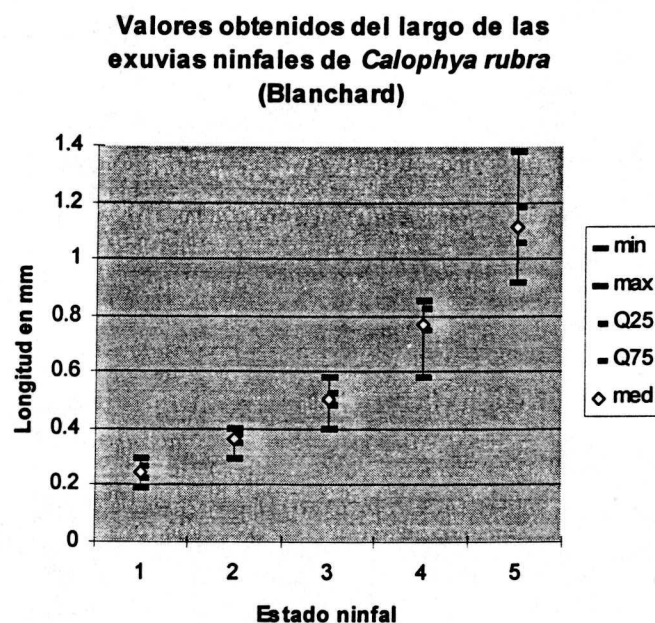


Figura 7. Rangos de valores del largo de las exuvias ninfales de *C. rubra*

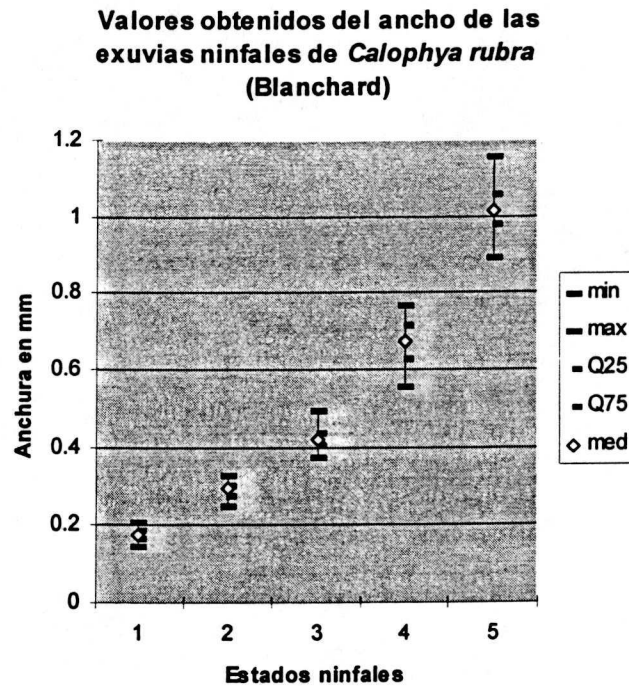


Figura 8. Rangos de valores del ancho de las exuvias de *C. rubra*

Para probar el tipo de distribución estadística que presentan las variables largo y ancho de las ninfas y de las exuvias se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (SAS, 1989). La hipótesis a probar es “ H_0 : La muestra aleatoria proviene de una población con distribución normal. vs. H_a : la muestra proviene de una población con una distribución diferente a la normal”, el estadístico de prueba es W y la regla de decisión es “rechace H_0 si $Pr < W < 0.05$ ”. El cuadro 10 muestra los resultados de esta prueba para los diferentes estados ninfales aplicada por largo y ancho. Como se aprecia en este cuadro los datos del largo del estado ninfal uno y cuatro, y del ancho de los estados uno, dos y cuatro, no provienen de una población que se distribuye normalmente ($p(W) < .05$). Del mismo modo, las muestras de las exuvias uno, dos y cuatro del largo, así como la uno, dos, cuatro y cinco del ancho no provienen de poblaciones con distribución normal. Esta situación no permite realizar

cálculos de la probabilidad de pertenencia a un determinado estado ninfal por métodos paramétricos. Por otro lado, se observó en las gráficas de frecuencia que los estados que no tienen una distribución normal tienen tendencia a agruparse en la parte superior del rango de distribución, es decir se tiene un mayor número de observaciones con valores cercanos al valor máximo obtenido.

Cuadro 10. Probabilidad estimada de W para la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para los estados de desarrollo ninfal de *Calophya rubra* y de sus exuvias

Estado ninfal	ninfas largo	ninfas ancho	exuvias largo	exuvias ancho
N1	0.0087	0.0252	0.0250	0.0002
N2	0.0898	0.0277	0.0001	0.0001
N3	0.0897	0.1145	0.1126	0.0638
N4	0.0017	0.0450	0.0029	0.0159
N5	0.0981	0.1219	0.9255	0.0418

De acuerdo a los resultados dado que no existió traslape en los rangos del conjunto de observaciones de los estados ninfales y de las exuvias, se consideró que no es necesario realizar pruebas de contraste para probar diferencias entre las medias de estas variables, por métodos no paramétricos, ya que estos miden la diferencia mediante el grado de traslape de los rangos de distribución. Las figuras 9 y 10 muestran las tablas de frecuencias de los estados ninfales, donde se observa gráficamente esta separación.

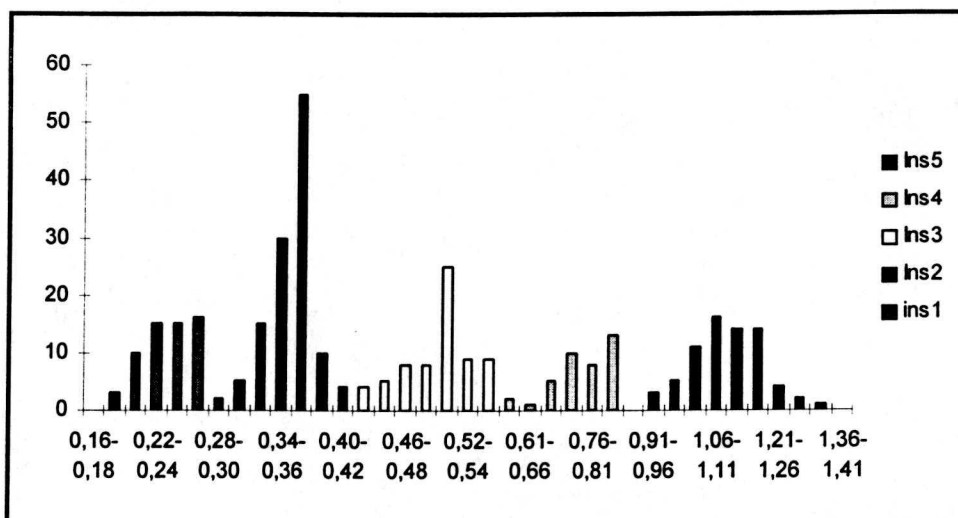


Figura 9. Frecuencias del largo (mm) de las exuvias de *Calophya rubra* (Blanchard)

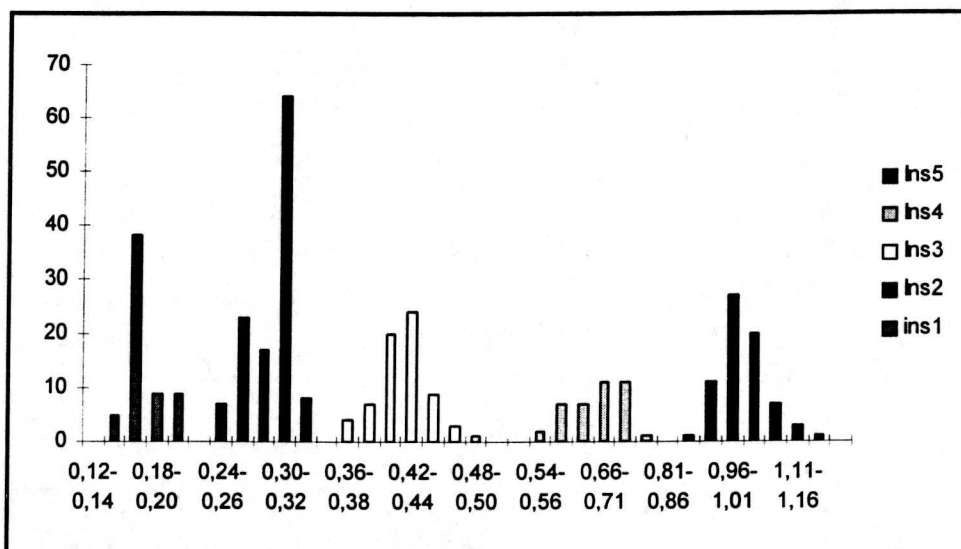


Figura 10. Frecuencia del ancho (mm) de las exuvias de *Calophya rubra* (Blanchard)

Después de realizar los análisis citados, se observa que a diferencia de los cuatro estados ninfales reportados para *C. rubra* por Downer *et al.* (1988) y los seis estados ninfales hallados por Cibrián (1991), se encuentran cinco estados ninfales para la población de estudio. El tamaño de muestra obtenido para cada estado mediante sus exuvias revela que la muestra fue suficiente para un nivel de confianza de 95% y un coeficiente de confianza del 2.5% alrededor de la media (cuadro 11), excepto para el estado ninfal cuatro.

Cuadro 11. Cálculo del tamaño de muestra para el largo y para el ancho de las exuvias

Exuvia del edo.	1	2	3	4	5
n	61	119	68	39	70
tam.de muestra para longitud	60.8	21.9	26.7	48.9	38.2
tam. de muestra para ancho	38.5	23.6	21.4	47.6	16.6

Se realizó un análisis de componentes principales para las variables largo y ancho de los estados ninfales con el propósito de observar la variación conjunta de estas variables, y por otro lado, realizar la separación probabilística de los cinco estados ninfales.

Para separar los estados ninfales de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) Quiróz *et al.* (1998) realizaron un análisis de las variables ancho y largo de las ninfas mediante un factor de proporción, resultado de la multiplicación de dichas variables. En el presente trabajo se consideró que el análisis de componentes principales puede dar una mejor aproximación a este problema puesto que los componentes principales tienen propiedades estadísticas que no tiene el factor de proporción propuesto por estos autores, como es el de encontrar una combinación lineal estandarizada la cual tenga la máxima varianza, es decir,

la técnica busca las combinaciones lineales que resuman los datos, perdiendo en el proceso la menor información posible y reduciendo con esto la dimensionalidad del problema (Mardia *et al.*, 1979).

Para el cálculo de los componentes principales se usó el sistema SAS (1988). Los resultados de los análisis indican que el componente principal uno explica el 99.9% de la variación, mientras que el segundo explica el 0.02% de la variación. El hecho de que el primer componente explique prácticamente toda la variación existente, indica que las variables largo y ancho están altamente correlacionadas, lo cual también se refleja en las raíces características de la matriz de covarianza de las dos variables, las cuales son 2.0233 para el largo y 2.101121 para el ancho, valores muy cercanos entre sí. De acuerdo a lo anterior, prácticamente sería igual medir una sola de estas dos variables para poder observar las diferencias entre los cinco estados ninfales. La ecuación del primer componente principal es:

$$CP1 = -2.830918 + 2.0233*(largo) + 2.101121*(ancho)$$

Mediante esta transformación de las variables originales se realizaron análisis univariados eliminando cinco valores extremos de la muestra (muy probablemente errores de medición), con los resultados expuestos en el cuadro 12.

Cuadro 12. Estadísticas del primer componente principal para estados ninfales de *C. rubra* y probabilidad del estadístico W

Edo.	media	desv.est.	min	máx.	n	p(W)
1	-0.6860	0.0463	-0.7532	-0.5936	30	0.0615
2	-0.5268	0.0425	-0.5758	-0.4556	15	0.1134
3	-0.3305	0.0598	-0.4286	-0.2201	30	0.1864
4	-0.0882	0.0754	-0.1846	0.0895	28	0.0927
5	0.4808	0.1258	0.2236	0.7663	85	0.2877

Como se observa en el cuadro 12, todos los estados ninfales tienen una distribución normal con un valor crítico de 0.05. Dada la normalidad de las muestras se procedió a calcular la probabilidad de que el valor mínimo de la categoría $i+1$ estuviera dentro de la categoría i , así como la probabilidad de que el valor máximo de la categoría $i+1$ estuviera dentro de la categoría i . Los resultados de la probabilidad de que se traslapen los estados ninfales son:

$$\begin{aligned} p(\text{mín } N2 \in N1) &= 0.0087 \\ p(\text{mín } N3 \in N2) &= 0.0104 \\ p(\text{mín } N4 \in N3) &= 0.0730 \\ p(\text{mín } N5 \in N4) &= 0.0000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(\text{máx } N1 \in N2) &= 0.0580 \\ p(\text{máx } N2 \in N3) &= 0.0182 \\ p(\text{máx } N3 \in N4) &= 0.0401 \\ p(\text{máx } N4 \in N5) &= 0.0009 \end{aligned}$$

de aquí, que donde se pueden tener problemas de confusión son entre el máximo del estado ninfal 1 con el estado 2, y del mínimo del estado 4 con el estado 3, los cuales tienen más de 5 por ciento de probabilidad. Por otro lado, en la figura 11 se puede observar la separación de los cinco estados ninfales mediante la gráfica de los dos componentes principales. Como se observa, prácticamente no existe traslape entre uno y otro estado, aunque ciertamente se encuentran contiguos unos con otros.

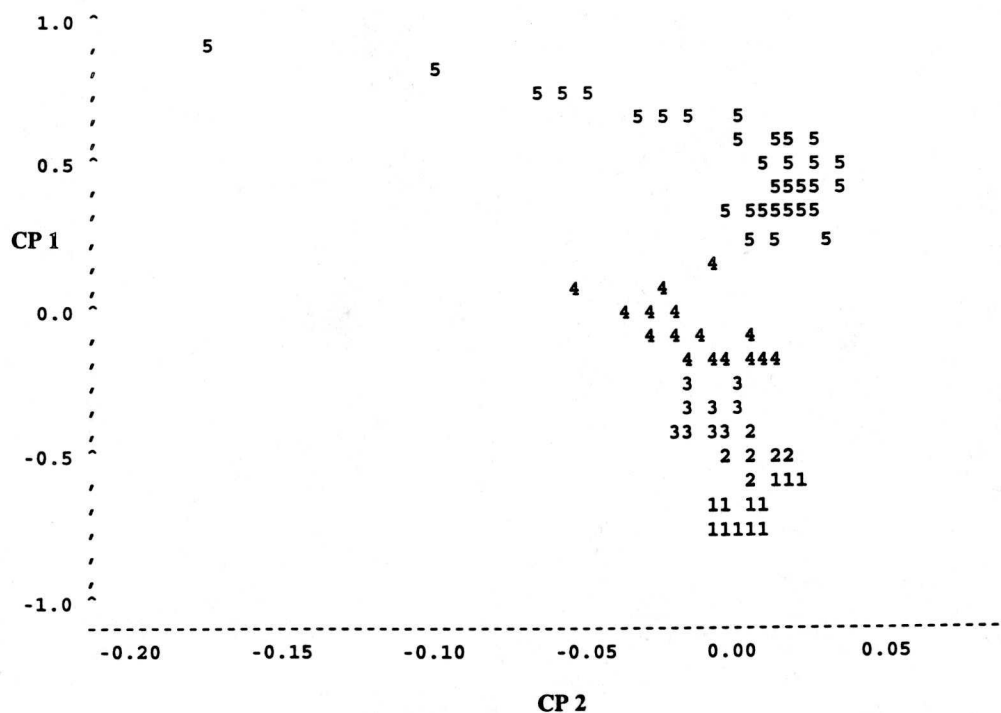


Figura 11. Dispersión de los cinco estados ninfales de *Calophya rubra* mediante componentes principales (nota: hay 119 observaciones ocultas)

4.1.3 Coeficiente de incremento y cálculo de X^2 . Para encontrar la proporcionalidad que existe en el desarrollo de los estados ninfales de *C. rubra*, se aplicó la metodología propuesta por Llanderal (1993) para *Phthorimaea operculella*. Esta consiste en calcular el coeficiente de incremento (r) entre las medias de los estados larvales (ó ninfales) tomados en pares sucesivos, para determinar la significación entre los valores observados y los esperados mediante una prueba de Ji cuadrada (X^2). Los valores esperados se obtuvieron de una ecuación de regresión calculada a partir de los datos observados (transformados mediante logaritmos). Esta técnica se aplicó únicamente para el ancho de las ninfas ya que, como se expuso previamente, las variables largo y ancho están altamente correlacionadas

($r^2 = 0.9907$, $p > F = 0.001$). El coeficiente de incremento se observa en el cuadro 13, así como los valores observados y esperados con transformación logarítmica. El valor crítico de X^2 para $\alpha = 0.05$ y 3 g.l. es de 8.56, valor muy superior al calculado en el cuadro 13. Esto significa que no existen diferencias entre los valores observados y los teóricos o esperados, por lo que existe una proporcionalidad promedio entre estados ninfales de 0.68 en el crecimiento medio de *C. rubra*.

Cuadro 13. Prueba de significación (X^2) del ancho en mm de las exuvias de *Calophya rubra*

Edo.	n	med	sd	r	obs	esp	(obs-esp) ² /esp
1	31	0.2306	0.3242		-0.6371	-0.6348	-8.52E-06
2	16	0.3440	0.0339	0.6703	-0.4634	-0.4714	-1.33E-04
3	30	0.4959	0.0439	0.6937	-0.30461	-0.3079	-3.51E-05
4	30	0.6832	0.0740	0.7258	-0.1655	-0.1444	-3.06E-03
5	87	1.0744	0.1159	0.6359	0.0312	0.0190	7.75E-03
m =	0.1634		r² =	0.999		suma	0.00451

4.1.4 Contraste con las poblaciones de *Calophya rubra* de California, EUA. Con el fin de conocer las diferencias entre las poblaciones de la Bahía de San Francisco, caracterizadas por Da Silva (1994) se realizaron pruebas de t, donde “Ho: las medias de las dos muestras provienen de la misma población, contra Ha: las medias de las muestras no son de la misma población”, el estadístico de prueba es t y la regla de decisión es “rechace Ho si t calculada es mayor que el valor crítico de la t tabulada, con $\alpha = 0.05$, para n_1+n_2-2 g.l.”. El contraste se realizó sobre las mediciones de huevecillos y de exuvias de ambas poblaciones. No se realizaron contrastes no paramétricos dado que los datos reportados por

Da Silva, solo son la media, el error estándar y el tamaño de la muestra. Como se observa en los cuadros 14 y 15, en todos los casos se aceptó la H_0 con nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Esto es indicador de que el psílido estudiado por Da Silva y el estudiado en el presente trabajo, pertenecen a la misma especie.

Cuadro 14. Pruebas de t entre pares de medias para contrastar el largo de las poblaciones de *C. rubra* medidas en mm, en California*, EUA y en Chapingo, Méx.**

Edo.	long. media*	n*	Error St.*	long.** media	n**	Error St.**	t calc. t tab.
H	0.27	13	0.01	0.25	24	0.003	0.2762 < 2.0301
1	0.28	20	0.01	0.24	61	0.003	0.3145 < 1.9901
2	0.37	21	0.004	0.36	119	0.002	0.1020 < 1.9771
3	0.52	20	0.005	0.50	68	0.004	0.1593 < 1.9867
4	0.73	21	0.02	0.77	39	0.011	0.1400 < 2.0003
5	1.07	22	0.01	1.12	70	0.011	-0.1370 < 1.9867

Cuadro 15. Pruebas de t entre pares de medias para contrastar el ancho las poblaciones de *C. rubra* medidas en mm, en California*, EUA y en Chapingo, Méx.**

Edo.	ancho. media*	n*	Error St.*	ancho media**	n**	Error St.**	t calc.< t tab.
H	0.14	13	0.01	0.1263	24	0.0013	0.2168 < 2.0301
1	0.19	20	0.01	0.1775	61	0.0018	0.1283 < 1.0001
2	0.29	21	0.005	0.2944	119	0.0017	-0.0550 < 1.9771
3	0.39	20	0.006	0.4207	68	0.003	-0.3000 < 1.9867
4	0.62	21	0.02	0.6714	39	0.0095	-0.1930 < 2.0003
5	0.96	22	0.01	1.0128	70	0.0063	-0.2510 < 1.9867

4.2 Biología de *Calophya rubra* (Blanchard) y fenología de *Schinus molle*.

4.2.1 Fenología de *Schinus molle*. El desarrollo vegetativo de *S. molle* en la región de estudio, se da de manera continua en los meses más cálidos y se reduce durante el invierno. El proceso de infestación de los adultos del psílido del pirú se inicia en los tejidos más tiernos de la planta al colocarlos en brotes no diferenciados u órganos inmaduros. Los huevecillos de *C. rubra* maduran en el curso de una semana, conforme se diferencian los fascículos foliares o foliolulos sin extender, mismos que al término de ese tiempo se extienden a la mitad, adoptando una forma cilíndrica. Los huevecillos eclosionan y emergen las ninfas N1 las cuales se movilizan alrededor del cilindro que mide aproximadamente 2 cm de longitud y buscan un lugar para establecerse. La fisiología de la morfogénesis de la agalla foliar requiere que los insectos estimulen los tejidos vegetales que no están diferenciados, por lo que existe una alta sincronía entre *C. rubra* y la planta hospedante *S. molle* al explotar los órganos inmaduros. Por lo anterior, la posición de la hoja en el brote indica una escala de tiempo, ya que los foliolos apicales son obviamente tiernos. Como se aprecia en la figura 12, el desarrollo vegetativo del pirú se da de manera continua, tanto los foliolos como los foliolulos crecen numéricamente, y conforme transcurren las semanas su coloración se torna de verde claro (VC) a verde oscuro (VO). Los huevecillos y ninfas están en el ápice de los brotes VC, pero conforme se desarrolla el brote se engrosan y maduran los tejidos vegetales y se tornan VO. Los efectos de las agallas en los foliolos se observan desde que son tejidos tiernos, y al crecer quedan concentradas la mayoría de las agallas foliares en los foliolos de la parte media de la rama.

Cuando transcurren dos meses las agallas tienden a necrosarse, e inicia la fractura de los foliolulos, causando un efecto de foliolos resquebrajados, con coloración verde cenizo y defoliación.

La figura 12 presenta una rama sin el efecto de los psílidos, que desarrolla 10, 11, 13 y 15 brotes y yemas (ByY), lo que muestra que en dos meses y medio brotaron 4 foliolos nuevos, además de yemas reproductivas que florecieron y se transformaron en frutos incipientes, de apenas 1.5mm de diámetro. Se observa que existe disminución en el desarrollo conforme se presenta el invierno y el desarrollo reproductivo. El proceso de crecimiento continúa por un mes y medio más hasta la maduración del fruto, mientras que el desarrollo vegetativo tiene lugar de forma más lenta.

De acuerdo a la figura 12, después de la separación de los meristemos, una yema incipiente de apenas 2 cm de largo, creció en quince días 5.7 cm, mientras que un cilindro foliar de 7 cm de largo, se alargó 13 cm de longitud en el mismo tiempo. El número de foliolos aumentó, así como el número de foliolulos en cada foliolo; cercano a los dos meses y medio comenzaron a secarse los foliolos más viejos y a caer. Si a este desarrollo normal se agrega el efecto del psílido sobre el follaje, se verá la curvatura de los foliolulos y la reducción del tamaño de los foliolos, sobre todo cuando hay ninfas abundantes en las raquis o tallos. Además, el efecto que producen los psílidos aumenta el resquebrajamiento de los foliolulos y reduce el tiempo de caída del follaje.

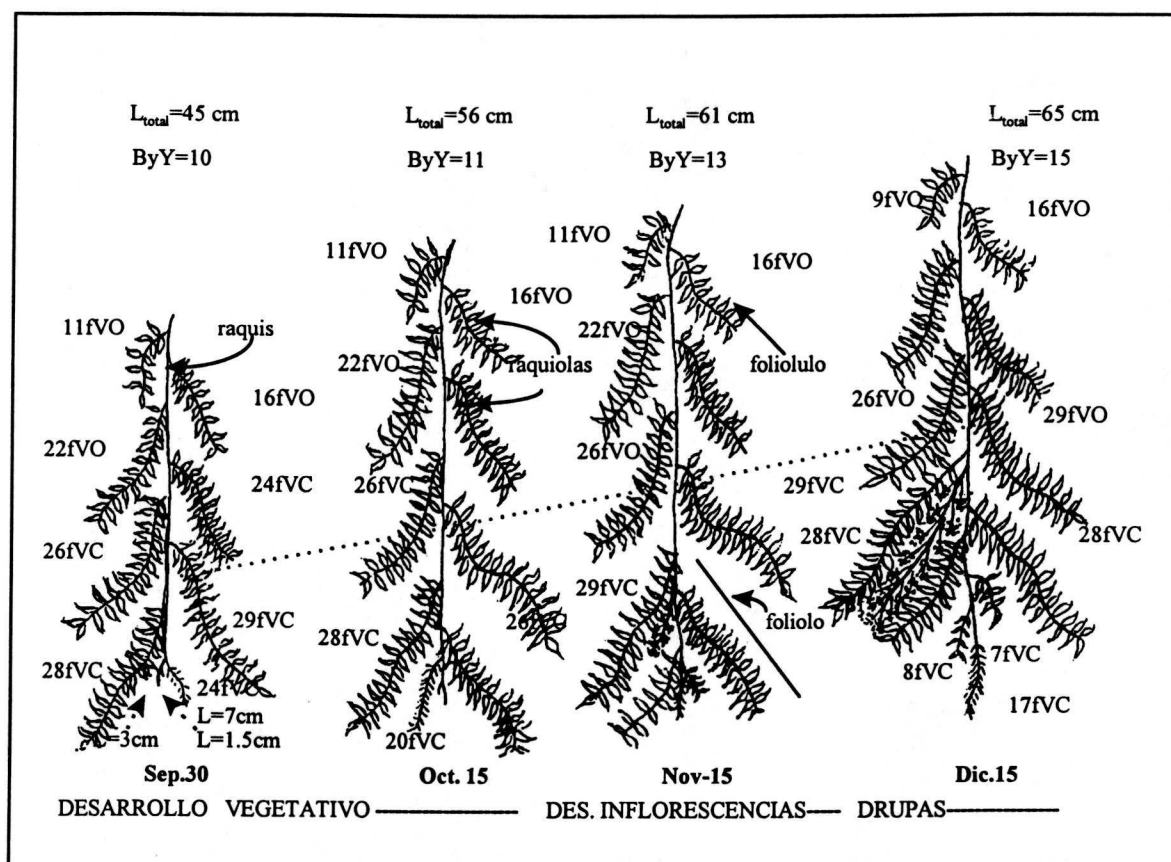


Figura 12. Esquema de la fenología vegetativa y reproductiva de *Schinus molle* en la región de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.

La fenología reproductiva y vegetativa se da en relación a los factores ambientales, por lo que se presentan los datos de temperatura para el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (figura 13), así como los de humedad relativa (figura 14), ambos para junio 1987 a junio 1988. Las lecturas diarias fueron proporcionados por el Observatorio Meteorológico de la UACH, y se promediaron los valores por semana. Los valores mínimos de temperatura

descendieron hasta -0.3°C en la segunda semana de enero y en la primera de febrero, mientras que los valores máximos llegaron hasta 34°C para el día nueve de mayo de 1998. Los valores promedio presentaron un mínimo de 14°C y un máximo de 27°C . Estos datos superan a los valores mínimos y máximos de 1997. De igual manera sucedió con la humedad relativa, donde el valor máximo promedio fue de 70% H.R. para la segunda semana de octubre 1997 y de 76% H.R. para la cuarta semana de junio 1998, mientras que

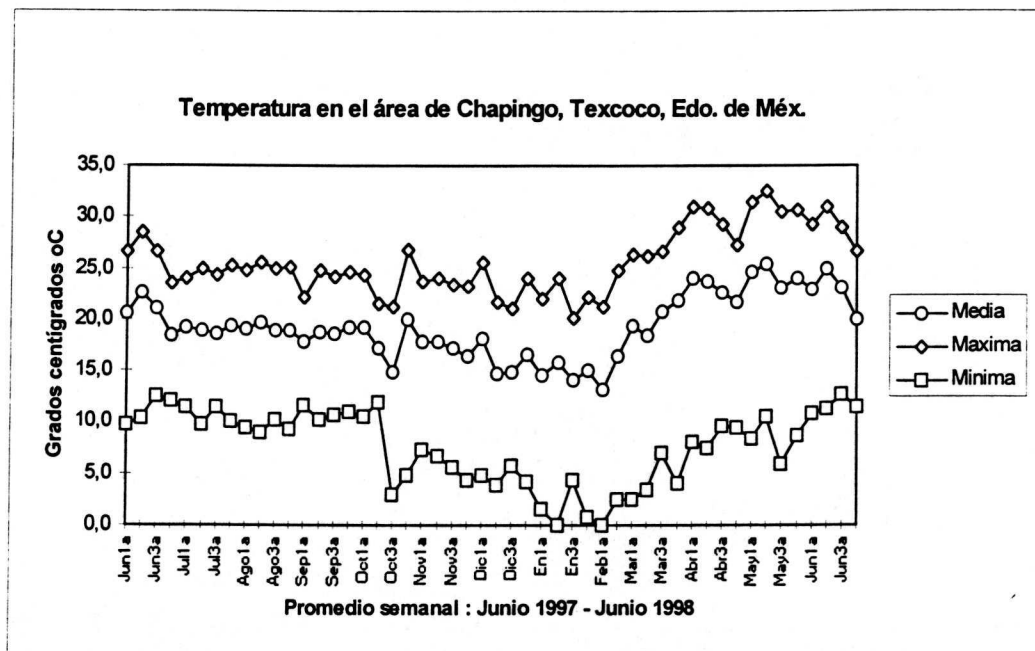


Figura 13. Temperatura en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998)

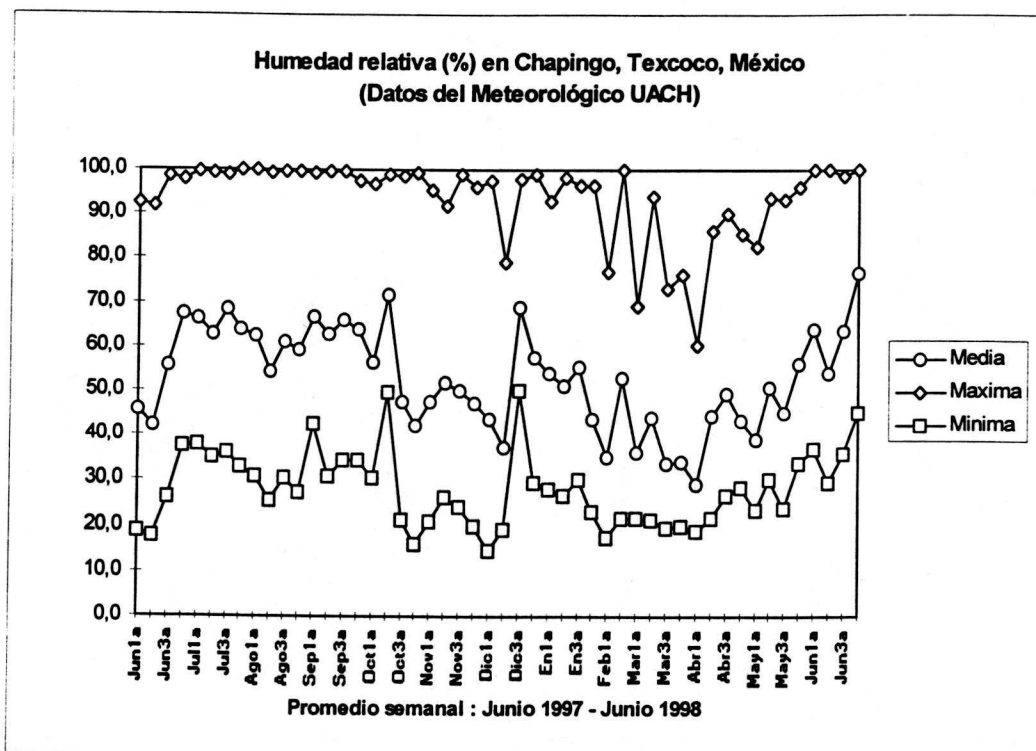


Figura 14. Porcentaje de humedad relativa en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998)

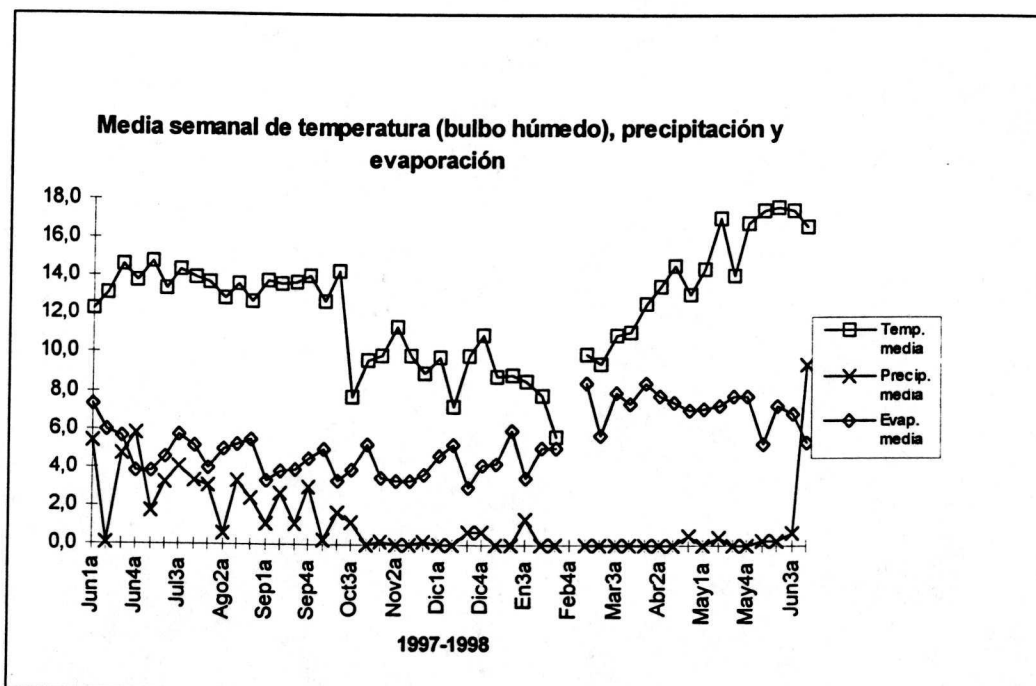


Figura 15. Temperatura (bulbo húmedo), precipitación y evaporación en el área de Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx. (1997-1998)

el valor mínimo promedio fue el de la primera semana de abril 1998 con 24% de H.R DaSilva (1994), indica que *S. molle* sólo soporta hasta 11°C a nivel de laboratorio, mientras que para la región del presente estudio fue de -0.3 °C, sin daño aparente por las heladas.

4.2.2 Resultados del trabajo de laboratorio.

4.2.2.1 Comportamiento de *C. rubra* (Blanchard). El psílido del pirú presenta un comportamiento similar, tanto en campo como en laboratorio. Los adultos permanecen en el follaje y raquiolas de las ramas del pirú, donde permanecen para alimentarse, aparearse y ovipositar. Al restringirlos dentro de bolsas de organdí limitan su actividad a dicho espacio, sin embargo, si se liberan pueden ampliar su actividad al material contiguo (figura 3d).

4.2.2.1.1 Hábitos alimenticios del adulto. El psílido del pirú es un insecto chupador que se alimenta del floema de su hospedante, la especie *Schinus molle*, al cual le causa agallas foliares. Se infiere que el mecanismo de selección de la planta hospedante puede deberse a estimulación de tipo quimio-gustatorio, considerando que no se alimentaron de otras plantas alrededor del hospedante, por lo que esta especie es específica del pirú.

Una vez que emerge el adulto, llena sus alas de hemolinfa y selecciona el sitio que requiere para su alimentación y oviposición, por lo que resulta evidente la preferencia del hábitat así como las consecuencias o daños (agallas) a nivel de los folíolos del ápice del brote, en árboles individuales. Con ello asegura la supervivencia de la progenie, al seleccionar las ramillas más tiernas para alimentarse y ovipositar, en los últimos 4 brotes del folíolo, prefiriendo las raquiolas para su alimentación, equivalentes a los últimos 20 cm de la parte

apical de la rama (ver figura 12). Para buscar un sitio de alimentación, los adultos caminan por los brotes eligiendo los más jóvenes (figura 3c), que miden de 3 a 10 cm de longitud, y tienen la epidermis más delgada.

Su aparato succionador de savia (estilete) le permite extraer los elementos necesarios para sus requerimientos nutricionales, como la cantidad de nitrógeno. De acuerdo a Hodgkinson (1974), el estilete alimentario es empujado hacia el interior del tejido vegetal por los músculos del estilete y no por el movimiento labial (figura 1c). El estilete, retraíble, extendido mide un promedio de 1.95 mm de longitud, y es resguardado por una estructura formada por el labro y el labio, de tamaño similar al de la espina metatorácica que tienen ventralmente los adultos. El estilete semeja ser tres hilos finos de seda que es insertado y atravieza el tejido vegetal.

Cada puntuación de alimento la ubican en la parte de la radícula que contenga más difusión de savia, insertando su estilete de forma transversal a la superficie a una distancia de 4 veces su longitud corporal entre cada punto de alimentación, tanto para machos como para hembras. Los orificios de alimentación los hacen cada 5 a 7 minutos. En ocasiones, sobre todo las hembras, pueden durar alimentándose en un solo punto hasta una hora y media. Esto es un indicador de la demanda de nitrógeno que requieren para la formación de los huevecillos.

Mientras los adultos absorben la savia tienden a mover las antenas y las patas. El macho mueve más veces y con mayor amplitud las antenas y las patas, en sentido de las manecillas

del reloj, rotándolas y tocando nerviosamente tarso 2 contra tarso 3, y viceversa. La hembra es más pasiva y mientras se alimenta apenas mueve las antenas.

Los mecanismos de penetración de saliva de *C. rubra* en la planta tienen relación con la penetración del estilete, el papel que tiene la saliva durante la alimentación y las reacciones o daños a la planta hospedante, *S. molle*. Al respecto, Beardsley y González (1975) y Tainter y Baker (1996) destacan que los insectos del orden Hemiptera y Homoptera son agentes que producen toxinas, secretando un material viscoso antes y durante su alimentación, para formar una especie de gel alrededor del aparato bucal. La saliva que inyectan hacia la planta causa toxemia sistémica, digiriendo parcialmente las células y su contenido para ser absorbido hacia el canal alimenticio del psílido, además de ser vectores de virus y micoplasmas. Estos autores indican que los aminoácidos libres de la saliva son tóxicos al citoplasma de la planta hospedante, además de que la enzima pectinasa disuelve las células permitiendo mayor dispersión de las secreciones salivales.

Después del proceso digestivo, los adultos excretan mielecilla por el ano, la cual supuestamente contiene carbohidratos, los cuales favorecen la producción de fumagina. En lugares donde la densidad poblacional del insecto es alta, las secreciones de goma pueden caer y ensuciar vehículos, asfalto, etc. en las ciudades.

4.2.2.1.2 Apareo de adultos y oviposición. Los adultos caminan a lo largo de la rama para buscar pareja; el macho busca a la hembra insistentemente, ya que ésta puede evadirlo. Si una hembra se alimenta y aparece un macho en busca de pareja, el macho puede pasar

muy cerca de ella sin que exista atracción, y continúa caminando por las ramillas hasta hallar a una hembra disponible para el apareamiento.

En el inicio del cortejo, la tendencia del macho es caminar paralelamente a la hembra por espacio de 2 a 5 minutos, durante los cuales la hembra se detiene brevemente y el macho estridula con la parte costal de sus alas anteriores. Si la hembra continúa su caminamiento a lo largo del brote, el macho permanece junto a ella. La hembra excreta un líquido translúcido ó mielecilla en forma de gota por la parte anal (figura 5e) y probablemente libera también feromonas sexuales.

Después de este cortejo el macho se aparea con la hembra. Con su pata anterior, el macho sujeta la parte media de la cabeza y el protórax de la hembra, y con los forceps sujeta la terminalia. Al aparearse, el macho curva el abdomen en un ángulo cercano a los 90° para favorecer la cópula. Pueden permanecer conectados desde 5 hasta 30 minutos, siendo la media de 25 minutos (observaciones en 10 parejas). Se aparean hasta 3 veces en una hora, por 20, 15 y 5 minutos respectivamente, y permanecen juntos mientras la hembra oviposita en el brote.

Antes de cada ovipostura, la hembra ubica el sitio de oviposición mediante el contacto repetido con su 9o. esternito abdominal sobre el tejido tierno del brote (figura 3c), y coloca cada huevecillo de forma paralela a cada foliolulo sin extender. Oviposita de manera individual cada huevecillo en los pliegues de cada foliolulo incipiente, el cual constituye un microambiente que protege al huevecillo durante su maduración y eclosión de huevo a ninfa

de primer estado. La oviposición la efectúa la hembra estando asida por el macho, y deposita los huevecillos en 15 o 20 minutos. Cuando hay incremento en la densidad poblacional, entonces la hembra puede ovipositar hasta cinco huevos en cada hendidura u ovipositar en la parte dorsal del brote, así como en los pecíolos foliares y en las axilas de las raquis, y de los mismos foliolulos. Después de ovipositar, la pareja recorre una y otra vez el brote, y así repetidamente hasta depositar todos los huevecillos en esa misma ramilla o en otra. La pareja puede durar unida de 10 minutos a 3 horas y media. Posteriormente entran en fase de reposo y alimentación, y prosiguen el apareamiento 2 o 3 horas después.

4.2.2.2 Desarrollo del psílido del pirú

4.2.2.2.1 Huevecillo y tiempo de maduración. El cambio paulatino de coloración es una indicación del grado de desarrollo de los huevecillos hacia ninfa, período de tiempo que dura de 7 a 8 días desde su oviposición hasta su eclosión. Los huevecillos se diferencian conforme pasan los días de la siguiente manera : los huevecillos recién puestos son de color blanco translúcido; al segundo día, los huevecillos modifican levemente su coloración hacia un tono gris perla. Para el tercer día, la coloración cambia a gris tenue, translúcido. Desde el cuarto día adquieren un tono gris más oscuro, iniciando su tono metálico, nacarado. A los seis días, la mayoría de los huevecillos muestran el tono gris metálico oscuro. Al octavo día, éstos completan la tonalidad de gris metálico oscuro, iniciándose la eclosión de los huevecillos y la emergencia de las ninfas de primer estado. La mayoría de los huevecillos eclosionan para el noveno día. Todos los huevecillos alcanzan su eclosión a nivel de laboratorio, sin enemigos naturales, ni variaciones drásticas en el clima.

4.2.2.2.2 Número de huevecillos ovipositados por hembra. Las parejas indicadas en el punto 3.4.2 y en el anterior, se aislaron recién emergidas y al día siguiente ovipositaron un promedio de 50 huevecillos por pareja. En el tercer día pueden aparearse y ovipositar entre 25 y 50 huevecillos más, o no ovipositar, por lo que el número de huevecillos por cada ovipostura se encuentra entre 25 y 50 huevecillos, con un rango de 25 a 110 huevecillos por hembra en 36 horas, y una media de producción de 50 huevecillos. La temperatura ambiente del insectario en la que se obtuvieron estos resultados osciló entre 20.7 °C y 22.8°C, con un promedio de 21.8°C. En observaciones realizadas por segunda ocasión, se registraron de 30 a 100 huevecillos por hembra en 36 horas, con una media de producción de 50 huevecillos, a una temperatura entre 18.6°C y 21.8°C, con una media de 20.2 °C. La tercera vez que se corrió el experimento la temperatura estaba en un rango de 16.9°C a 19.8°C, y se observó reducción de la oviposición, ya que existió mortalidad en el 30% de las parejas aisladas. El 70% restante ovipositó entre 15 a 80 huevecillos por hembra en 36 horas, con una media de producción de 40 huevecillos.

4.2.2.2.3 Distribución de huevecillos de *Calophya rubra* en los brotes. La mayor concentración de huevecillos recién puestos se encuentran en las yemas apenas por brotar y expandir sus foliolos, en fase de yema y foliolos cilíndricos (ápices en la figura 12). Algunos de ellos están en los foliolos de color verde claro ya extendidos. En estos foliolos se pueden observar los huevecillos que ya han madurado, principalmente en las orillas de cada foliolulo, en la zona apical. En los foliolos con una semana de emergidos, son más frecuentes los huevecillos en su fase de madurez, así como las ninfas N1 recién

eclosionadas. De manera similar al comportamiento en campo, los huevecillos se concentran en un 40% en los foliolulos sin expandir, en fase cilíndrica, mientras que el 55% está en foliolulos apenas en expansión y en las raquis de la planta, y sólo poco menos del 5% se encuentra en el tallo principal.

4.2.2.2.4 Eclosión de los huevecillos. El proceso de maduración de los huevecillos se da en el octavo y noveno día de haber sido ovipositados a temperatura baja, y de 5 a 6 días en temperatura templada. Puede observarse la coloración de los ojos de las ninfas a través del corion del huevecillo. La eclosión de la mayoría de los huevecillos se da en las primeras horas del día, tardando el proceso entre 15 a 30 minutos. El corion se fractura al salir la ninfa N1, la cual absorbe aire mientras reposa para extender sus patas y salir en búsqueda de un sitio nuevo. El corion, que permanece adherido al sitio de oviposición por el pedicelo tiende a quebrarse una semana después de haber eclosionado la ninfa N1 y parte de él permanece en forma colapsada hasta un mes después.

4.2.2.2.5 Dispersión de ninfas de primer estadio y su establecimiento. Una vez que las ninfas N1 caminan por el brote, su velocidad de desplazamiento es de 3 mm en 10 segundos, y puede desplazarse hasta 7 cm en total. Los tarsos le permiten adherirse al tejido vegetal sin caerse. Si existe una corriente de aire se detienen momentáneamente, replegando su cuerpo contra el sustrato, para después continuar su caminamiento. Buscan sitios adecuados para su alimentación, como los foliolulos tiernos, los que están en fase cilíndrica, los raquis y raquiolas, y las drupas tiernas en los brotes florales. Una vez que ubican el sitio, la mayoría (80%) se colocan hacia arriba si el brote está en la misma

posición debido al fototropismo. Conforme el brote se desarrolla tiende a colgarse debido al peso del follaje, por lo que las ninfas permanecen hacia abajo. En los raquis y tallos principales se observaron sus nichos de modo transversal. Una vez instalada, la ninfa no cambia de posición, sino que hace su agalla discal foliar al insertar su estilete.

4.2.3 Determinación de daños de *C. rubra* en *S. molle*. Los daños que causa *C. rubra* al formar agallas, son lesiones locales o fitotoxemias. Algunos insectos agalladores o cecidogénicos tienen una fitohormona (AIA- ácido indolil-3-acético) en las glándulas salivales o en las glándulas de oviposición, que son los responsables de la formación de agallas, aunque en insectos psílidos como *Trioza apicallis* F. no se ha podido demostrar la presencia de esta fitohormona en su saliva (Hodkinson, 1974). De hecho, existe escasa información acerca de la actividad enzimática de la saliva de los psílidos, y aún más para *C. rubra*. Sin embargo, las agallas de *S. molle* son una evidencia del daño o efecto causado principalmente por la alimentación de las ninfas.

Las fitohormonas regulan el crecimiento de los tejidos vegetales, por lo que se forman internodos cortos, malformaciones de las radículas y agallas foliares en *S. molle*, además de observarse síntomas como clorosis foliar inicialmente. Después el área decolorada crece en diámetro conforme crece la ninfa N1 hacia la N5, a la vez que se va formando la cecidia o agalla en forma de disco.

4.2.3.1 Desarrollo y formación de la fosa alimentaria por la ninfa de primer estadio.

La decoloración que rodea a la N1 se observa claramente a contraluz aún sin la presencia

de agalla, en cuanto se establece la N1 para alimentarse, y se observa como una puntuación amarillenta similar a la que causan las chinches fitófagas y los trips, pero de tamaño muy pequeño. Inicialmente no existe agalla, sólo un punto de alimentación. El tamaño de la agalla incipiente es del mismo tamaño oval de la N1; el tejido vegetal alrededor del cuerpo causa un leve abultamiento y el dorso está casi a la altura de la superficie foliar. Las ninfas se encontraron en el área intervascular que es donde existe menos flujo de savia y no en las áreas de vasos mayores de conducción, que serían áreas de flujo abundante (figura 4a, inferior). En las áreas tiernas del brote vegetativo los foliolulos son incipientes, apenas desprendiéndose del meristemo apical.

4.2.3.2 Efectos causados por la ninfa de segundo estadio. Conforme cambia al estadio N2, el área clorótica permanece igual, no así el área de la agalla que ocupa la parte ventral de la ninfa, que es de color verde más oscuro. El diámetro de la agalla se amplía, así como la profundidad de la fosa alimentaria, con el tejido vegetal que rodea la agalla un poco más abultado y más extendido que en el estado anterior (figura 4c). La N2 amplía la profundidad de su fosa, quedando su parte dorsal debajo de la superficie foliar. Simultáneamente, el brote se encuentra en fase cilíndrica y los foliolulos se encuentran a la mitad de su expansión total.

4.2.3.3 Ampliación de la fosa alimentaria por la ninfa de tercer estadio. Cuando la ninfa alcanza el estadio N3, inicia un proceso de obscurecimiento alrededor de la fosa, con un halo de tono castaño claro en su parte interna (figura 4b). Podría decirse que cuando la ninfa se alimenta en una superficie, las células cercanas al estilete se atrofian, mientras que

las de la superficie opuesta se hipertrofian. La superficie dorsal de la N3 queda un tercio de profundidad más abajo de la superficie foliar y engrosa el abultamiento que rodea a la agalla. En esta etapa los foliolulos se han expandido casi a su tamaño máximo.

4.2.3.4 Fosa alimentaria en proceso de deshidratación por la ninfa de cuarto y quinto estadio. El halo alcanza mayor obscurecimiento en los estadios N4 y N5, perdiendo turgencia y células vivas, por lo que tiende a adelgazar el tejido vegetal e inicia la necrosis fracturando la parte cóncava de la fosa, alrededor de su parte interna (figura 4d). La N4 y N5 profundizan su fosa y queda la parte dorsal un medio hacia abajo de la superficie foliar. En cuanto la N5 emerge de la agalla, la fosa alimenticia se necrosa y llega al deterioro de las células adyacentes amarillándolas (figura 4a, superior), por lo que la hoja de pirú da la apariencia de resequedad y tonos verdes-grisáceos al follaje del árbol con densidades altas del psílido (figura 1c, 7e). Luego de esto viene la caída de las partes secas, ó de la hoja o foliolulo completo, dando transparencia a la copa del árbol debido a la defoliación (figura 7a).

4.2.3.5 Emergencia del adulto. Para emerger, el adulto tarda un promedio de 2.5 horas en salir de la exuvia del estado ninfal N5 y expandir sus alas y patas. Cuando emerge desprende la parte anterior de su exuvia, separándola parcialmente para poder movilizarse; sus alas aún están plegadas. Camina lentamente por al menos 3 horas a lo largo del ápice del foliolo, mientras hincha sus alas con hemolinfa, proceso que puede terminar aún después de iniciar su alimentación al seleccionar la raquiola adecuada.

4.2.4 Resultados del trabajo de campo. Los adultos de *C. rubra* se mantienen en los foliolos y raquiolas del pirú, y pueden ser desplazados por corrientes de aire y recorrer así menos de 100 metros de distancia. Esto se definió al colocar platos aceitados a cada 20 m entre árboles con una cercanía de 100 metros. Si está cerca un árbol de otro se facilita su dispersión, de lo contrario, se encuentran en el estrato herbáceo bajo el dosel del árbol, pero en cantidades muy bajas, principalmente cuando las ramas están cerca del suelo. Las horas de actividad de los adultos se incrementan conforme aumenta la temperatura del día, aunque ellos se mantienen en la parte más protegida y fresca de su microhábitat. En los árboles seleccionados en campo se corroboraron las observaciones efectuadas en el laboratorio expuestas en los siguientes puntos.

4.2.4.1 Ciclo de vida de *C. rubra*. El tiempo promedio de incubación de los huevecillos fue de cuatro días, con un rango que va de siete a ocho días de duración, de acuerdo a la temperatura principalmente, tanto en campo como en el insectario a temperatura ambiente. En los meses de septiembre-octubre 1997, el promedio de duración de los estados de huevecillo, ninfales de N1 a N5, y adulto fueron respectivamente : H, 5 días; N1, 6 días; N2, 4 días; N3, 8 días; N4, 10 días; N5, 11 días; y adulto macho 3 días y hembra 5 días, a temperatura mínima de 19°C y máxima de 27°C, y una media de 23 °C. El tiempo generacional de huevecillo a adulto es de 47 días para el macho y 49 para la hembra. Al igual que el período de incubación, el período de desarrollo de las ninfas del estado N1 al N5 depende de la temperatura y la humedad, por lo que requieren mayor número de días para su desarrollo cuando la temperatura es fría. Es decir, cuando se corrió por segunda vez

el ciclo biológico en insectario y simultáneamente se corroboró en campo, se obtuvo como duración promedio de los estados de huevecillo a adulto los siguientes: H, 8 días; N1, 9 días; N2, 8 días; N3, 10 días; N4, 14 días; N5, 16 días; y adulto macho 2 días y hembra 4 días, a temperatura ambiente mínima de 11°C y máxima de 18°C, con una media de 16 °C. Por lo anterior, el tiempo generacional de huevecillo a adulto para los meses de bajas temperaturas es de 67 días para el macho y de 69 días para las hembras.

Da Silva (1994) presenta datos generacionales de: H, 8 días; N1, 6 días; N2, 6 días; N3, 6 días; N4, 5 días; N5, 6 días; y de 16 días para el adulto, a una temperatura constante de 23°C en el laboratorio. El total del tiempo generacional que obtuvo el autor fue de 49 días. Como se observa, el tiempo entre los estados ninfales es homogéneo. A diferencia de los datos de Da Silva, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran variaciones en la duración de cada estado ninfal, ya que se corroboró el cambio de un estado ninfal a otro mediante la presencia de exuvias sobre las ninfas observadas. Los días de duración de cada estado ninfal a temperatura constante, no son equiparables a los obtenidos a temperatura ambiente fluctuante dentro del insectario, por lo que las diferencias entre uno y otro resultado de laboratorio pueden deberse al control de la temperatura.

La duración en la maduración de los huevecillos obtenidos por Da Silva y en el presente estudio es la misma para los meses de septiembre y octubre 1997 con una temperatura media de 23°C, como se comentó anteriormente, período que se redujo conforme bajó la temperatura ambiente en el insectario, durante los meses de enero, febrero y marzo. Los

adultos tuvieron menor duración en el presente estudio a comparación de la que obtuvo Da Silva (1994) a temperatura constante.

Las generaciones están superpuestas y es posible encontrar a todos los estados de desarrollo en una sola fecha de búsqueda, tanto en campo como en laboratorio, aunque varía la densidad poblacional. Como se vió anteriormente, el período de ciclo de vida o tiempo generacional varió de acuerdo a los factores ambientales, con un promedio de 48 días para los meses de septiembre a octubre 1997 cuando el clima estuvo templado, y de 68 días para los meses de más frío, enero a febrero 1998.

Otra información relevante derivada de la observación de 12 parejas aisladas en el insectario es el resultado que se obtuvo de una progenie total de 196 adultos emergidos al término de 60 días (septiembre a octubre 1997) (figura 3e). De manera generalizada para los psílidos, Burckhardt (1988) menciona que la capacidad de incremento poblacional (r) depende más del tiempo generacional que de la fecundidad de la hembra.

4.2.4.2 Variación de la población de psílidos. Los datos obtenidos en los meses de inicio de mayor desarrollo foliar, se presentan en la figura 16, en la cual se observa que los adultos capturados mediante la técnica expuesta en el punto 3.3.1, se presentan casi en una relación de machos y hembras de 1:1. El muestreo consistió en 20 golpes de tres ramillas sobre un plato en cada exposición, SE, EN, NW y SW, para las fechas 13 de enero, 4 de febrero, 10 de marzo y 10 de abril 1998. Las densidades totales de adultos obtenidos para cada fecha fue de 201 adultos en enero, 272 en febrero, 288 en marzo y 78 en abril. Estas

densidades obtenidas de la colecta dentro del árbol por exposición, aparentan diferencias a nivel gráfico.

Sin embargo, para determinar estadísticamente si existen preferencias de *C. rubra* por alguna exposición dentro del árbol, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de un solo factor de efectos aleatorios, con el procedimiento ANOVA (SAS, 1988). La hipótesis a probar fue " $H_0: \sigma^2_{SE} = \sigma^2_{NE} = \sigma^2_{NW} = \sigma^2_{SW}$ utilizando una prueba para cada fecha de muestreo, contra H_a : que las varianzas son diferentes". En las cuatro pruebas la H_0 no fue rechazada con un $\alpha = 0.05$, las probabilidades del estadístico F fueron de 0.9807, 0.5601, 0.2271 y 0.3481 para enero, febrero, marzo y abril, respectivamente. Esto significa que *C. rubra* no es sensible a diferencias de humedad, temperatura e iluminación, como consecuencia de la exposición dentro del árbol.

El número total de adultos colectados en enero fue de 99 machos y 102 hembras, en febrero aumentó a 145 machos y 127 hembras, en marzo aumentó levemente a 158 machos y 130 hembras, mientras que en abril se redujo drásticamente a 34 machos y 44 hembras. Al observar los valores mínimos, máximos y medios de las variables ambientales expuestas en las figuras 13, 14 y 15, se define que la mayor cantidad de adultos de *C. rubra* encontrados en enero tuvieron una temperatura media de 17°C, en febrero 14 °C , en marzo 18 °C y en abril 24 °C. La humedad relativa fue de 52%, 76%, 93% y 90%, respectivamente. No existió precipitación en esas fechas. Entonces, los rangos de temperatura en que hubo mayor número de individuos tiene medias mensuales entre 14 °C y 18 °C, donde puede

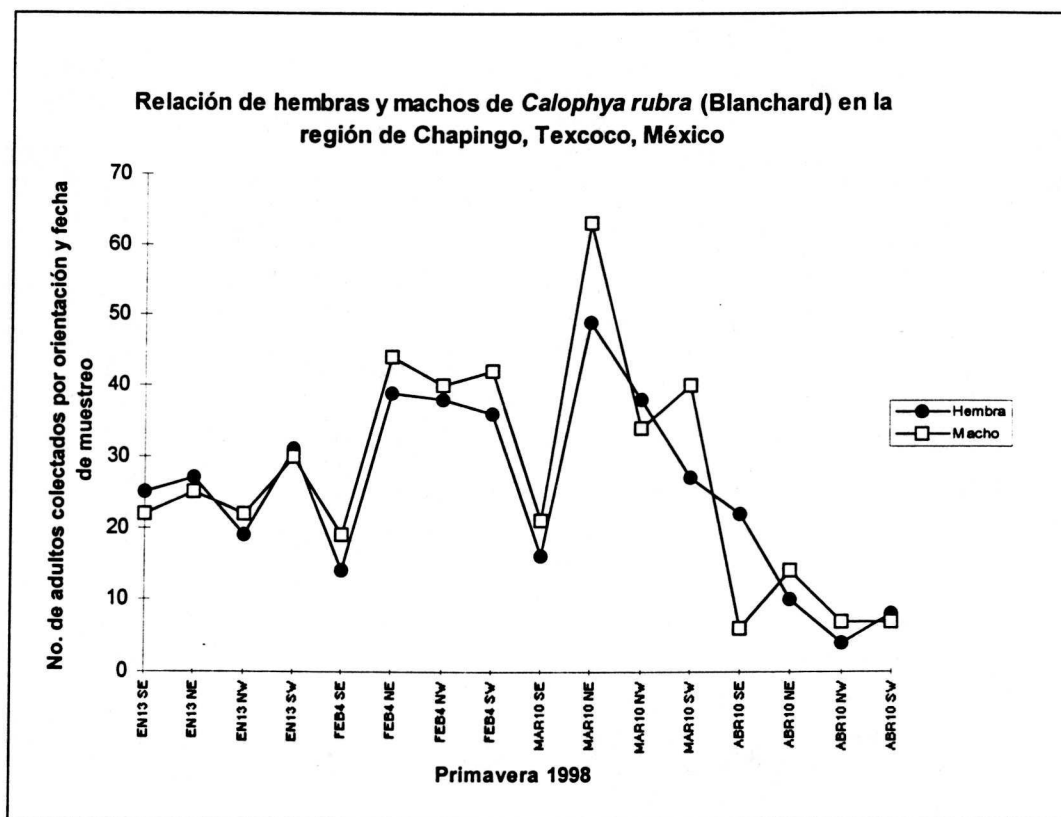


Figura 16. Variación de la población de psíidos adultos de *C. rubra*

haber valores mínimos de -0.3°C a 3°C y máximos de 21°C a 26°C . Al contrastar los valores umbrales del psílido, para California el umbral es hasta 13°C (DaSilva, 1994), mientras que en el presente estudio llegaron a existir valores mínimos de -0.3°C a 3°C sin aparentar una reducción de los psíidos. Además, las densidades de los psíidos aumentaron conforme aumentó el crecimiento fenológico vegetativo de la planta y de los meristemos apicales durante la primavera.

A diferencia de los tres primeros meses del año, en abril se tuvo una temperatura media de 24 °C , con un mínimo de 6 °C y un máximo de 31°C . Para el mes de mayo se colectó de igual forma, sin obtener adultos de *C. rubra*, ya que la temperatura mínima fue de 10°C y la máxima de 34 °C, aunque la H.R. media fue de 92%. Por ello se infiere que las ninfas y los adultos de *C. rubra* tuvieron un descenso numérico drástico debido a la temperatura existente, como factor importante que contribuye al control poblacional, ya que conduce a la desecación de los individuos, principalmente de las ninfas.

4.2.4.3 Distribución de *C. rubra* en el árbol. Para el muestreo por tres tercios de copa con la misma técnica de colecta y de análisis de varianza, con el procedimiento ANOVA la hipótesis a probar fue “ $H_0: \sigma^2_{SE} = \sigma^2_{NE} = \sigma^2_{NW} = \sigma^2_{SW}$ utilizando una prueba para cada fecha de muestreo, contra H_a : que las varianzas son diferentes”. Para enero, febrero y marzo 1998, las probabilidades del estadístico F fueron de 0.8247, 0.6031, y 0.1983 por tercios de la copa para cada fecha, ya que en las tres pruebas la H_0 no fue rechazada con un $\alpha = 0.05$, por lo que el número de adultos de *C. rubra* y de sus ninfas, no presentó diferencias significativas entre los tres tercios de la copa de *S. molle*.

Sin embargo, existe aglomeración de los adultos y ninfas en las partes vegetativas por desarrollar o las más tiernas, como el ápice de la rama, por lo que la abundancia de *C. rubra* está en estas secciones apicales. Se muestreó un total de 150 ramillas apicales de 50 cm de longitud conforme al punto 3.3.1, con 10 secciones de ramillas por muestreo. De ahí se tomaron submuestras, con las que se obtuvo que el 84% de las ninfas se ubican en la parte media y basal del foliolo y el 16% en la parte apical, debido en parte a los sitios de

oviposición que eligen los adultos, a la movilidad de las N1, y a la expansión del foliolulo tiernos. De esas submuestras se obtuvo que el 72% de las ninfas están en el haz y el 28% en el envés.

Los conteos de ninfas de psílicos por foliolulo cuando éstos están presentes en el arbolado, varía entre 5, 15 y hasta 48 individuos. Cuando la densidad poblacional fue excesiva, se llegaron a contar hasta 74 ninfas por foliolulo, aunque en este caso muchas ninfas se encontraron muertas, principalmente por efecto de la alta densidad.

4.2.4.4 Mortalidad poblacional. En el campo se eligieron para su seguimiento un grupo de 529 huevecillos y un grupo de 257 ninfas, siguiendo la metodología descrita en los apartados 3.1.2 y 3.4.1. Las observaciones sobre los dos grupos de individuos se realizaron del 30 de septiembre al 15 de diciembre de 1998. Los 529 huevecillos iniciales tuvieron una mortalidad del 82.3% para el 15 de diciembre, ya que sólo sobrevivieron 94 individuos hasta el estado ninfal N3.

De las 257 ninfas observadas, 245 pertenecían al estado ninfal N1, y 12 a los estados ninfales N3 a N5. De septiembre 30 al 15 de octubre ya habían emergido 6 adultos; mientras que de las 245 N1 restantes emergieron 58 adultos para el 15 de diciembre. El número total de adultos emergidos a partir de 257 ninfas en el campo, fue de 60 adultos, por lo que la mortalidad correspondió al 75% ($n=193$ ninfas muertas). Esta se debe a factores ambientales y a insectos depredadores y parasitoides que reducen la supervivencia de la población de *C. rubra* en la localidad de estudio.

4.2.4.5 Parasitoide de *C. rubra*. En condiciones de insectario se obtuvieron adultos del parasitoide *Tamarixia schina* Zuparko (Hymenoptera : Eulophidae) que emergieron diariamente, los cuales se obtuvieron primero a nivel individual, y luego a nivel colectivo. A principios de Octubre 1997 se obtuvieron los veinte primeros adultos de la avispa parásita a partir de cada una de las ninfas aisladas de manera individual con cápsulas de gelatina. En Noviembre 1997 se obtuvieron alrededor de 250 adultos del parasitoide mediante la emergencia masiva. Esta última duró entre 13 y 24 días a partir de que se colocaron ninfas parasitadas, de manera creciente y decreciente al final del período. La obtención masiva de adultos tuvo pérdidas del material, principalmente cuando se trasladan las muestras del material vegetal (figura 2a-b). Al revisar las muestras, levantando ninfa por ninfa con un pincel fino, se observaron huevecillos difíciles de diferenciar debido a que son del mismo tono claro de la superficie ventral de las ninfas del estado N3. No se hallaron estos en N1, ni en N2.

El huevecillo de *Tamarixia schina* es de color blanco, redondo, de tamaño poco menor al ojo del adulto del parasitoide. Las larvas de la avispa de primer y segundo estado son de color blanco, ápodas, y se hallaron bajo las ninfas de *C. rubra* de tercer y cuarto estadio, mientras que las prepupas, pupas y adultos estuvieron en el quinto estadio ninfal.

La posición taxonómica del parasitoide es la siguiente:

Orden : Hymenoptera

Superfamilia : Chalcidoidea

Familia : Eulophidae

Género : *Tamarixia*²

Especie : *Tamarixia schina* Zuparko³, MSS NAME

4.2.4.5.1 Historia de la introducción de *Tamarixia*. Debido a la gran especialización parasítica que tienen los Tetrastichinae, así como su alta fecundidad, su ciclo de vida corto, y la preponderancia de las hembras en la tasa de sexos, es de suponerse la preferencia de su uso en programas de control biológico (Graham, 1987).

Con respecto a *Tamarixia*, De Santis y Fidalgo (1994) taxónomos universitarios de Chalcidoidea en Argentina, reportan que se encuentra a *T. bicolor* y *T. leucaena* como parasitoides de *Heteropsylla cubana*, en la isla de Trinidad. Fidalgo com. pers. 1998⁴ menciona que desconoce la existencia de otra especie de *Tamarixia* sobre *C. rubra*. El taxónomo LaSalle (1998) del NHM del Reino Unido, comenta que ha visto personalmente varios ejemplares del género *Tamarixia* de Sudamérica. El menciona que los científicos californianos la encontraron ahí sobre *C. rubra*, por lo que la importaron a su Estado. El

² Determinado a género por el M. C. Refugio Lomelí Flores, Lab. de Control Biol., Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de Méx.

³ Determinado a especie por el Dr. Robert Zuparko. 1998. Comunicación personal. Essig Museum, University of California, Berkeley

⁴ Dr. Patricio Fidalgo. 1998. Comunicación personal. Fundación Miguel Lillo. S. M. de Tucumán, Argentina.

Dr. Robert Zuparko en Berkeley, es quien ha trabajado recientemente la taxonomía de algunas de las especies de *Tamarixia*.

Zuparko com. pers. 1998⁵ comenta que él está preparando la descripción de la especie, y que el Dr. Leo Caltagirone importó la especie de *Tamarixia* a California de la parte central de Chile, aunque también está presente en Perú. Por lo tanto, en julio 1998 como parte del presente trabajo se enviaron ejemplares de *Tamarixia* al Dr. Zuparko. Una parte se fijó en acetato de amilo con 12 adultos de *Tamarixia* sp. y 5 adultos de cada sexo de *C. rubra*, y otra parte en solución de alcohol al 70% con 7 adultos de *Tamarixia* y una larva de último estadio. El comparó estos especímenes de México con los que importaron de Sudamérica, y opina que ambas avispidas pertenecen a la misma especie, sólo que el mazo antenal y los segmentos funiculares de los especímenes de Chapingo son un poco más claros en color que los de Perú y California. Como la especie aún no ha sido descrita el sugirió nombrarle *Tamarixia* n. sp. ó *Tamarixia schina* Zuparko.

El taxónomo destaca que todos los especímenes que le fueron enviados de Chapingo fueron hembras. En California, el Dr. Hagen notó que las especies parecen ser deuterotocas, es decir, es muy raro que haya machos, pero sexualmente son funcionales. El y sus colaboradores conocen a *Tamarixia* sp. únicamente de *C. rubra*, y afirman que son ectoparasitoides primarios de los últimos estados ninfales. Sin embargo, tanto los

⁵ Dr. Robert Zuparko. 1998. Comunicación personal. Taxónomo especialista en Hymenoptera: Eulophidae, género *Tamarixia*. Essig Museum, 201 Wellman Hall, University of California, Berkeley, CA 94720

investigadores sudamericanos como los norteamericanos desconocían que *Tamarixia sp. nov.* se encontrara en México, hasta el presente estudio.

El citado investigador aclara que hay al menos una especie de *Tamarixia* no descrita de Sudamérica (obtenida a partir de *Calophya sp.* sobre *Schinus terebinthifolius*), pero se distingue de *Tamarixia sp. nov.* por una marca amarilla en la base del abdomen. Dada la importancia de su existencia en nuestro país, se sugirió comunicarse con el Dr. Paul Da Silva (1998)⁶ quien facilitó el resumen de su tesis doctoral sobre el control biológico del psílido del pirú efectuada en 1994, sin tener alguna publicación divulgativa a la fecha. Da Silva comenta que la especie introducida de Sudamérica se estableció bien en el pirú en la parte norte de California, mas no controló al psílido, ya que los ciclos de crecimiento de la planta hospedante, el psílido y el parásito fueron casi siempre asíncronos, por lo que el psílido nunca causó daño severo.

Con todo lo anterior, se elimina la posibilidad de que el parasitoide sea una especie nativa, ya que aparentemente el insecto parasitoide *Tamarixia schina sp. nov.* vino adjunto a su hospedante, *C. rubra*. Esta alta especificidad del parasitoide por su hospedante habla de la existencia de una relación evolutiva de *C. rubra* (Blanchard) con su parasitoide *Tamarixia schina* Zuparko, en su área geográfica de origen. Lo que sería interesante aclarar, es cuándo fue su introducción, o si su introducción a México fue por dispersión natural o por humanos.

⁶ Dr. Paul Gerard Da Silva. 1998. Comunicación Personal. Department of Biology, College of Marin, Kentfield, CA 94904.

4.2.4.5.2 Descripción del género *Tamarixia* (Hymenoptera: Eulophidae). El género *Tamarixia* Mercet 1924, es parásito de los Homoptera: Psylloidea distribuidos en todos los continentes (Graham, 1987). Estas avispidas se caracterizan por que las hembras presentan el lóbulo medio del mesoescutelo con dos setas adnotulares relativamente fuertes, oscuras, una en la parte media del mesoescutelo y la otra en la parte media posterior, las dos setas virtualmente iguales en longitud, y suberectas (figura 17f, j). El clípeo tiene el margen anterior truncado, sin dientes o (raramente) con dos lóbulos muy pequeños (figura 17b, i). Las alas anteriores con una vena marginal levemente más corta que la celda costal (figura 17g). Sus especies son relativamente encorvadas, con el tórax de 1 a 3 veces tan larga como ancha (figura 17e, f, j). El cuerpo (mesosoma) negro, rara vez con tintes metálicos tenues (figura 17j). El gaster parcialmente amarillo. La cabeza rara vez llega a ser más o menos amarilla. El hipopigio tiene el margen anterior casi recto (figura 17a), característica importante para la ubicación taxonómica de la especie; las setas del disco salen de las bases sublineares (Graham, 1987; Gibson *et al.*, 1997).

En los machos, las antenas tienen el flagelo con mechones de setas muy largas y oscuras; la placa ventral del escapo es extremadamente corta; el primer segmento funicular más corto que los segmentos siguientes y difícilmente más largo que ancho; los anillos antenales se muestran en la figura 17c. El margen anterior del clípeo es truncado, sin dientes o raramente con dos tubérculos diminutos (figura 17b). El lóbulo medio del mesoescutelo con dos setas subiguales y suberectas en cada lado, una en la parte media del mesoescutelo y la otra en la parte media posterior. La armadura genital completa (sin contar que el aedeago

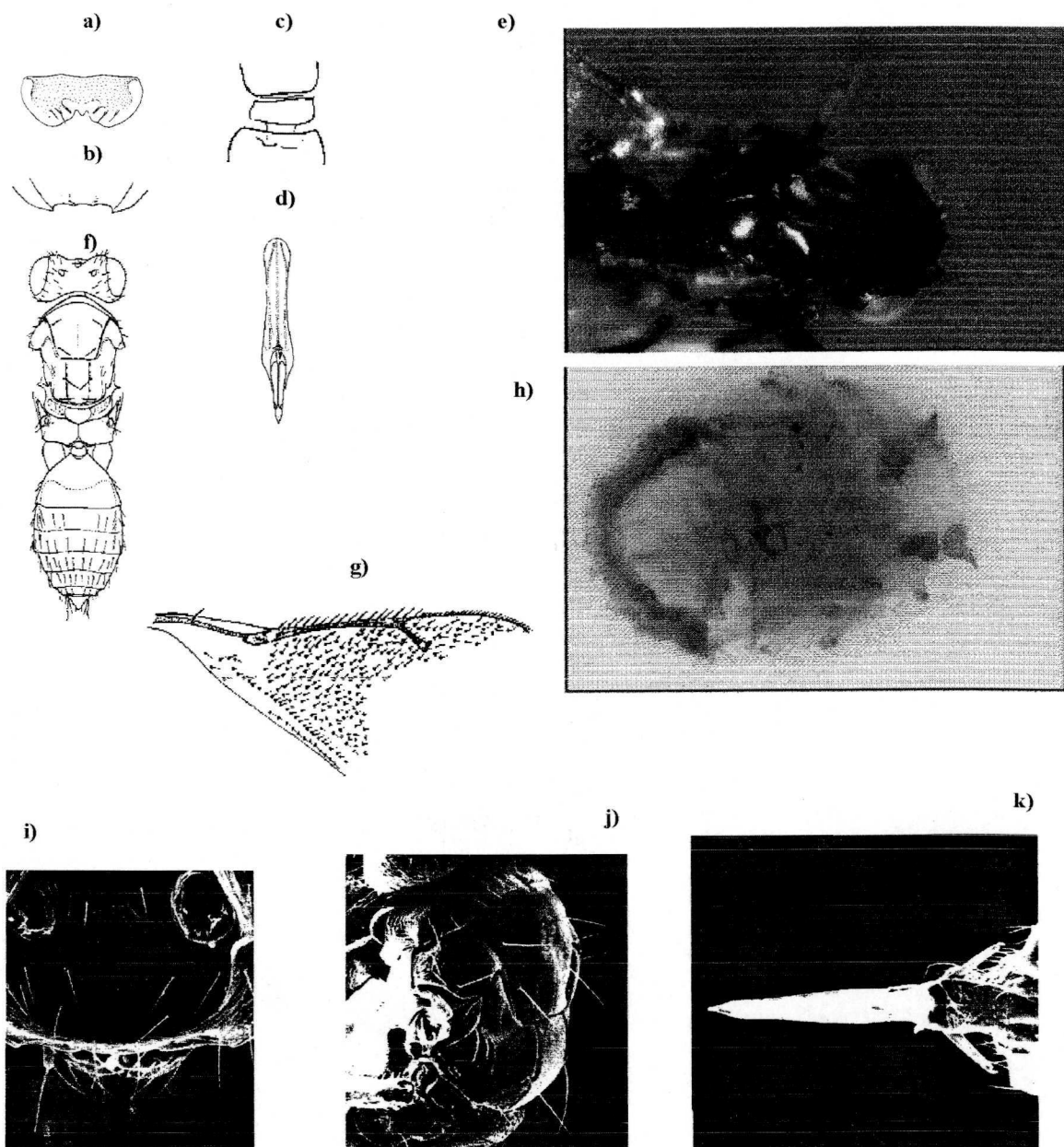


Figura 17. Características morfológicas del género *Tamarixia*. a) hipopigio (5o. esternito gastral) y clipeo de *T. monesius* b) ; c) anillos antenales de *T. monesius*, y genitalia en machos d), vista ventral (X300); e) adulto hembra del parasitoide *Tamarixia schini* Zuparko, f) cuerpo de *T. pubescens*, g) venación del ala anterior de *Tamarixia*, h) momia parasitada de N5 --sólo la cutícula--, i) cara inferior, j) mesosoma, k) genitalia del macho. (Incisos a-d, f tomados de Graham, 1987; incisos g, i-k tomados de Gibson *et al.*, 1997; incisos e, h, derivados del presente trabajo).

que es muy largo) es de 4 a 8 veces tan largo como ancho, con la espina curva apical con el borde exterior continuo con la línea del borde exterior del dígito mismo (figuras 17d, k) (Graham 1987, Gibson *et al.*, 1997). Los datos de las mediciones de diferentes partes corporales de los adultos de *Tamarixia schina* Zuparko, obtenidos en el área de estudio y emergidos en el insectario, se presentan en el cuadro 16. La medición se efectuó con regla micrométrica en el insectario, en cinco ejemplares emergidos individualmente. Se puede observar que la variación entre los datos es mínima, y la longitud total media de los individuos es de 1.089 mm. Es decir, el parasitoide adulto es poco menor en longitud antes de emerger de la N5 y expandir sus alas, como se observa en su nicho de desarrollo de huevo a preadulto bajo la momia de la N5 (figura 17h). Una vez que los adultos de *T. schina* extienden sus antenas y alas son de mayor tamaño que las ninfas N5, ya que la longitud media de la ninfa N5 de *C. rubra* es de 0.8792 mm, mientras que la longitud media total del adulto de *T. schina* es de 1.0890 mm.

Cuadro 16. Medición de adultos de *Tamarixia schina* Zuparko en Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.

Características medidas en mm	n	Media	Desv. Stand.	Error St.Med.
Longitud total	5	1.0890	0.0490	0.0220
Long. cabeza	5	0.2540	0.0270	0.0120
Long. tórax	5	0.3990	0.0310	0.0140
Long. abdom.	5	0.4350	0.0140	0.0060
Long. antena	5	0.3720	0.0530	0.0240
Long. AA	5	1.109	0.0600	0.0270
Long. AP	5	0.9350	0.0290	0.0130
Diám. del ojo	5	0.1920	0.0110	0.0050
Ancho cabeza	5	0.4140	0.0220	0.0100
Ancho tórax	5	0.4140	0.0220	0.0100
Ancho abdomen	5	0.3670	0.0170	0.0080
Long. pata anterior	5	0.6700	0.0110	0.0050
Long. pata media	5	0.7150	0.0140	0.0060
Long. pata posterior	5	0.8900	0.0140	0.006

4.2.4.5.3 Hábitos y ciclo de vida. *Tamarixia schina* Zuparko (MSS Name) es un ectoparasitoide de *Calophya rubra* (Blanchard) que se encontró en la parte ventral de las ninfas N3, N4 y N5 del psílido del pirú (figuras 3f-h, 17h), a diferencia de otros himenópteros parasíticos que parasitan a ninfas N5 con una alta preferencia, como lo hace *Tamarixia radiata* (= *Tetrastichus radiata*) sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos de Asia.

Las avispidas se colectaron como se indica en el punto 3.5.2, las ninfas de *C. rubra* parasitadas con huevecillos, larvas, pupas o preadultos de *T. schina*. Los huevecillos son blancos, de apenas unas micras de diámetro, y se confunden bajo la lupa con las estructuras abdominales de la ninfa, las cuales son de color amarillo casi blanco, en el fondo de la fosa alimentaria (figura 3f, h). Los 15 huevecillos encontrados de *T. schini* se hallaron bajo las ninfas N3, al igual que las larvas del primer estado. En las ninfas N3 y N4 estuvieron las larvas del segundo estado. Las pupas exaratas y los preadultos, sólo se hallaron en las ninfas N5. En la figura 3f se aprecian los diferentes estados de desarrollo en orden descendente para el parasitoide *T. schini* (adulto a huevecillo) y de los estados ninfales susceptibles de ser parasitados por *T. schini* (N5 a N3).

En todos los casos, los diferentes estados del parasitoide estuvieron dentro de la cavidad del cuerpo de las ninfas, ya que la avispa hembra oviposita bajo la superficie ventral de las ninfas, cerca del abdomen. Mientras las ninfas del psílido se alimentan, las larvas del

parasitoide se mantienen siempre fuera del cuerpo, por lo que se caracterizan como ectoparásitos. Ahí alcanza el siguiente estado larval y pupal. Conforme se desarrollan las avispa, las ninfas parasitadas pierden vigor paulatinamente hasta quedar momificadas. Al emerger el adulto forma un orificio de emergencia sobre la exuvia o exoesqueleto de la momia N5, aunque algunas veces se desprende parte de la exuvia para que el adulto emerja.

La mayoría de las larvas se acomodan en el vientre de las ninfas parasitadas de manera paralela, y cuando son pupas, la mayoría tiene la cabeza dirigida hacia la cabeza del psílido, pero de forma que se encuentran ambos ventralmente, por lo que al levantar la exuvia, el parasitoide estará colocado de forma ventral. Aparentemente la hembra del parasitoide tiende a diferenciar las ninfas parasitadas de las no parasitadas, al considerar que sólo se encontró un huevecillo por cada ninfa, por lo que la relación del parasitoide-hospedante es de 1:1.

De los datos más relevantes que se obtuvieron de la crianza de los parasitoides *T. schina* Zuparko MSS Name, es el hecho de que los parasitoides adultos emergen en horas tempranas del día, y que el 96% de los adultos obtenidos fueron hembras. Un resultado similar fue el que obtuvieron Patil *et al.* (1993) para *Tamarixia leucaenae* al obtener hembras equivalentes al 99% de la progenie bajo condiciones de laboratorio a 25° C. Chu *et al.* (1991) notaron que las especies de *Tamarixia sp. nov.* parecen ser deuterotocas, ya que la mayoría de la descendencia de Eulophidae, Tetrastichinae, corresponden a hembras. Por ello, se confirma que sucede lo mismo para la especie *Tamarixia schina* Zuparko en el

Estado de México, y que aunque la hembra deposita un solo huevo para cada hospedante, aumenta su potencial como control biológico al ser hembras la mayoría de los adultos.

Otro de los datos relevantes y que aumenta el poder regulatorio de la especie *T. schina*, es que no presentan hiperparásitos en el área de estudio. Al mantener en cautiverio las 300 ninfas de *Calophya rubra* con huevos, larvas y pupas de *T. schina*, no se encontraron parasitoides himenópteros secundarios u otros enemigos naturales que reduzcan la población de *T. schina*.

Con respecto al ciclo biológico, en el presente estudio no se tienen datos precisos del ciclo completo, pero por la duración que tuvieron los parasitoides del campo emergidos en condiciones del insectario, los huevecillos duran 3-4 días; la larva L1 y L2, 3 días en promedio para cada estado; la pupa, 8 días y el adulto sin alimentarse solamente duró 3 días. El ciclo biológico de *T. schina* Zuparko duró en el insectario un total de 20 días de huevecillo a adulto sin alimentar, por lo que el parasitoide muestra un ciclo de vida menor que el de *Calophya rubra* (Blanchard). Da Silva (1994) obtuvo resultados similares para el parasitoide *Tamarixia sp. nov.* (introducida de Sudamérica de la región central de Chile) ya que a temperatura constante de 23°C en el laboratorio obtuvo un ciclo de 26 días, para lo cual el autor alimentó a los adultos con miel durante sus experimentos hasta su muerte.

4.2.4.5.4 Dispersión, abundancia y efectos en la población. Acerca de la dispersión del parasitoide *T. schina* Zuparko, se observó que el adulto vuela menos de 50 metros. Posiblemente aprovecha las corrientes de aire para su dispersión a distancias mayores entre

el arbolado donde se encuentra su hospedante. Sin embargo, se refleja una tendencia de *T. schina* a permanecer en el árbol donde nacieron.

El parasitoide se distribuye varios kilómetros alrededor del área de estudio, ya que las áreas recorridas donde se le colectó fueron San Luis Huexotla, San Mateo Huexotla, zonas cercanas a Tequexquahuac, la Colonia de los Maestros de UACH, el Campus Chapingo, las áreas agrícolas de la UACH, así como la Unidad Habitacional ISSSTE. Algo similar ocurrió cuando se introdujo otra *Tamarixia* sp. contra el psílido *Trioza eugeniae* Froggatt en Florida, el cual redujo drásticamente las poblaciones, mismo que se colectó a 90 kilómetros del sitio de liberación más cercano (Mead, 1994).

En la figura 18 se observa que los adultos de la nueva especie *Tamarixia schina* Zuparko (Hymenoptera. Eulophidae) presentan una relación estrecha con la abundancia de *C. rubra*. Estos ejemplares fueron capturados en 20 colectas de 20 golpes de tres ramillas sobre un plato para cada colecta y exposición, SE, EN, NW y SW, para las fechas 13 de enero, 4 de febrero, 10 de marzo y 10 de abril 1998. Los adultos encontrados fueron principalmente hembras, y el total de adultos obtenidos para cada fecha fue de 42 en enero, 81 en febrero, 205 en marzo y 67 en abril. Gráficamente, las densidades de adultos varían en la colecta dentro del árbol por exposición.

Para determinar estadísticamente si existen preferencias de *T. schina* por alguna exposición dentro del árbol, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza de un solo factor de efectos aleatorios, con el procedimiento ANOVA (SAS, 1988). La hipótesis a probar fue

“ $H_0: \sigma^2_{SE} = \sigma^2_{NE} = \sigma^2_{NW} = \sigma^2_{SW}$ utilizando una prueba para cada fecha de muestreo, contra H_a : que las varianzas son diferentes”. En las cuatro pruebas la H_0 no fue rechazada con un $\alpha = 0.05$, las probabilidades del estadístico F fueron de 0.2942, 0.6959, 0.5539 y 0.1334 para enero, febrero, marzo y abril, respectivamente. Con ello se muestra que *T. schina* no es sensible a diferencias de humedad, temperatura e iluminación, como consecuencia de la exposición dentro del árbol. Ciertamente, la presencia de parasitoides se da donde se localizan los insectos hospedantes, es decir, donde están concentradas las poblaciones de *C. rubra*, más aún cuando las densidades locales son altas. En la figura siguiente se observa que la población de *Tamarixia schina* aumenta numéricamente con el aumento de las

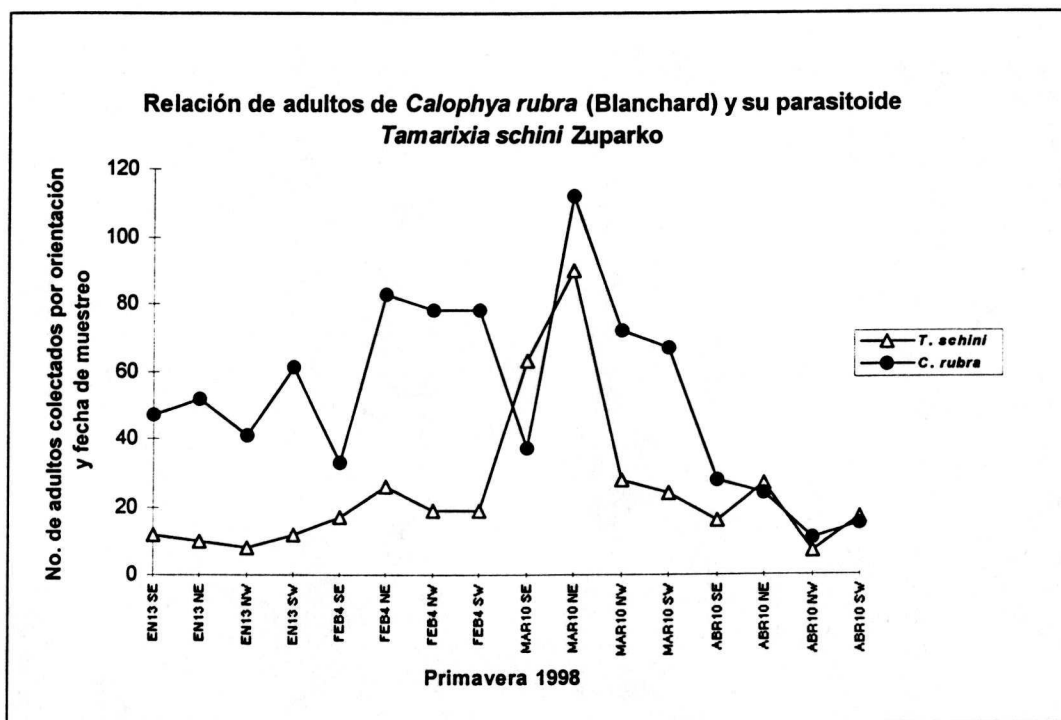


Figura 18. Fluctuación de adultos de *Tamarixia schina* y de *C. rubra*

poblaciones de psílicos, de manera casi sincrónica. El número total de adultos colectados en enero fue de 42 *T.schina* (*T.s.*) contra 201 de *C. rubra* (*C.r.*), para febrero aumentó el doble a 81 *T.s.* vs. 272 de *C.r.*, en marzo aumentó bruscamente a 205 *T.s.* y casi alcanzó a *C. rubra* que tuvo 288 adultos, mientras que en abril se redujo el número a 67 *T. schina* vs. 78 de *C. rubra*.

Al igual que los adultos de *C. rubra*, los adultos de *Tamarixia schina* abundaron cuando la media para enero fue de 17°C, en febrero 14°C, en marzo 18°C y en abril 24°C, con 52%, 76%, 93% y 90% de H.R. respectivamente, sin precipitación pluvial. El aumento poblacional en abril se debe a la temperatura y a la abundancia del parasitoide, donde le favorece una media de 18°C, mínima de 3°C y máxima de 26°C. Para el mes de mayo se obtuvieron solo tres adultos de *T. schina*, con una temperatura mínima de 10°C y máxima de 34°C, y una H.R. de 92%. Por ello se infiere que las ninfas y los adultos de *T. schina* tuvieron un descenso numérico debido principalmente a la temperatura existente, a la reducción de plantas en floración disponibles como alimento para los adultos (néctar), así como la reducción de la población de ninfas y adultos del hospedante *C. rubra*. Da Silva (1998)⁷ menciona que las fluctuaciones ambientales de las estaciones limitan al parasitoide para tener un impacto grande sobre el psílido, ya que no se mantiene al ritmo del crecimiento máximo poblacional de *C. rubra*, a diferencia de lo que se encontró para los meses de mayor abundancia de adultos, tanto del psílido como del parasitoide, donde el hospedante y el parasitoide se incrementan para luego reducirse al máximo en condiciones adversas de temperatura.

⁷ Comunicación personal.

La mayor cantidad de individuos de *Tamarixia schina* se encontraron donde hay alta densidad del psílido, por lo que existe una correlación positiva entre el número de parasitoides y la densidad del hospedante en el área de estudio. Al coleccionar en el campo las muestras para su emergencia en laboratorio (punto 3.5.2) se observó que existe un parasitismo por *T. schina* hacia *C. rubra* entre 10% al 28% sobre las ninfas N3, N4 y N5. Si a esto se agrega que la relación hospedante-parásito es de 1:1, puede suponerse que el control poblacional del psílido no es suficiente, a pesar de que el ciclo de vida de *T. schina* es menor que la del psílido, la mayoría de la progenie del parasitoide son hembras, no presenta hiperparasitismo y que ataca a ninfas N3 a N5 que ya causaron la agalla foliar, pero aún así, no es equiparable con la capacidad reproductiva de su hospedante, *C. rubra* (punto 4.2.2.2.2).

4.3 Insectos colectados

4.3.1 Insectos asociados a *Schinus molle*. En los árboles de pirú *S. molle* L. revisados, se encontró un grupo de insectos (principalmente chupadores y defoliadores) y arácnidos que están compartiendo y/o compitiendo por el hábitat con la especie plaga *Calophya rubra* (Blanchard), los cuales se presentan en el cuadro 17.

**Cuadro 17. Grupo de insectos asociados al pirú *Schinus molle* L.
encontrados durante el estudio**

Orden	Familia	Especie o Género	Hábitos*	Nombre común
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Macrodactylus</i> spp.	D	frailecillo
	Brentidae	affn. <i>Arrhenodes</i> sp.	BM	picudo primitivo
Lepidoptera	Arctiidae	<i>Hypantria cunea</i> Drury	D	gusano telarañero
	Arctiidae	<i>Lophocampa caryae</i> Harris	D	gusano telarañero
	Saturniidae	<i>Rothschildia orizaba</i> (Westwood)	D	palomillas de 4 espejos triangulares
	Saturniidae, Saturniinae (sin determinar) **		D	palomilla de 4 espejos circulares
	Geometridae	affn. <i>Euphyia</i> Huebner **	D	palomilla geométrica
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Euschistus</i> sp.	Ch	chinche apestosa
	Coreidae	<i>Acanthocephala</i> sp.	Ch	chinche laminada
	Pyrrhocoridae	<i>Stenomacra marginella</i> (Herrich-Schaeffer)	Ch	chinche roja
Homoptera	Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Ch	chicharrita
	Aphididae	<i>Aphis</i> sp.	Ch	pulgón
	Psyllidae	<i>Calophya rubra</i> (Blanchard)	FA	psílido del pirú
	Cercopidae	<i>Clastoptera</i> sp.	Ch	salivazo
	Coccidae	<i>Pulvinaria</i> spp.	Ch	escama algodonosa
	Coccidae	<i>Saissetia coffeae</i> (Walker)	Ch	escama hemisférica
	Coccidae	<i>Coccus hesperidum</i> L.	Ch	escama suave café
	Coccidae	<i>Coccus</i> sp.	Ch	escama suave verde
	Coccidae	<i>Ceroplastes cirripediformis</i> Comstock	Ch	escama de cera
	Pseudococcidae	<i>Pseudococcus</i> sp.	Ch	piojo harinoso
	Diaspididae	2 spp. no determinadas	Ch	escamas blindadas
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> L.	P	abeja europea
	Torymidae	<i>Megastigmus</i> sp.	Ch	avispa de drupas
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella</i> sp.	RCh	trips floral

* Hábitos : BM- barrenador de madera, D- defoliador, Ch- chupador, RCh- raspador-chupador de flores, P- polinizador.

Se obtuvieron datos complementarios para las palomillas Saturniidae y Geometridae indicadas con doble asterisco**, las cuales se mantuvieron en el Insectario desde su colecta sobre el tronco en estado de pupa (Nov.15, 1997). La hembra de la especie satúrnida emergió en Abril 1, 1998 requiriendo 138 días para su emergencia como adulto; sin aparearse ovipositó 60 huevecillos; sin alimentarse sobrevivió 15 días.

La hembra de la especie geométrica emergió en Febrero 25, 1998 con un total de 102 días de pupa a adulto; sin aparearse ovipositó un total de 194 huevecillos verdes los días 8 y 9 de Marzo, sin alimentarse sobrevivió 19 días. De éstas pupas pudo observarse un promedio de 18 de cada especie en el tronco de un solo árbol, por lo que al emerger los adultos puede pensarse en un potencial reproductivo alto, que darán origen a una cantidad numerosa de larvas defoliadoras sobre un sólo árbol para el siguiente ciclo de primavera.

4.3.2 Depredadores y parasitoides potenciales. Durante las colectas efectuadas se registró la presencia de insectos que son depredadores potenciales de huevecillos, de ninfas, y/o de adultos de *Calophya rubra*. Los estados de desarrollo de catarinas, cantáridos, crisopas, pequeñas chinches pirata, chinches olífagas y avispidas parásitas, en los que se asume (presume) llevan a cabo el control natural del psílido del pirú, se presentan en el cuadro 18.

**Cuadro 18. Grupo de insectos enemigos naturales potenciales de
Calophya rubra (Blanchard) encontrados durante el estudio**

Orden	Familia	Especies ó Género	Edo. de desarrollo
COLEOPTERA	Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i> Mulsant	L, A
	Cantharidae	<i>Chauliognathus</i> sp.	L, A
NEUROPTERA	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i> sp.	A
HEMIPTERA	Anthocoridae	Especie sin determinar	N, A
	Pyrrhocoridae	<i>Stenomacra marginella</i> (Herrich-Schaeffer)	N, A
HYMENOPTERA	Eulophidae	<i>Tamarixia schina</i> Zuparko (MSS Name)	L, A
ARANEAE	Varias familias sin determinar		N, A

Se conoce que los psílicos son depredados por arácnidos e insectos tales como las catarinitas (*Hippodamia convergens*, *Harmonia axyridis*, *Cryptolaemus semptempunctata*), y crisopas (*Chrysopa* sp.) que depredan a huevecillos y ninfas. La autora de este escrito observó en el campo a la chinche olífaga *Stenomacra marginella*, depredar huevecillos de la palomilla ártida *Lophocampa caryae* y alimentarse de insectos recién muertos, además de ser fitófaga. Por ello, se esperaría que resultara una especie depredadora potencial de ninfas de *C. rubra*. De manera similar, se sabe que las chinches antocóridas son depredadoras, y que por su tamaño pequeño se orientan hacia insectos de igual o menor talla, por lo que se espera que la especie antocórida (sin determinar) también resultara una especie depredadora potencial del psílido del pirú. Se observó la constante presencia de varias especies de arañas que depredaban a adultos de *C. rubra*, envolviéndola en sus hilos

de seda, pero no se determinaron las especies ya que se consideró baja la cantidad de adultos depredados.

Del cuadro 18 se deduce que el número de especies de insectos enemigos naturales de *C. rubra* encontradas fue de al menos siete, pertenecientes a los órdenes : Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Neuroptera y Arachnidae. De éstas, sólo una especie es parasitoide de ninfas de *C. rubra*, y el resto son depredadores potenciales. No se realizaron conteos en el tiempo para obtener sus dinámicas poblacionales, sin embargo, al ser verificada la incidencia de la avispa parasitoide sobre las ninfas del psílido del pirú, se enfocó el estudio hacia su observación particular y determinación taxonómica a nivel de especie como *Tamarixia schina* Zuparko, especie nueva, aún sin describir.

De manera general, se conoce que los enemigos naturales son abundantes después de que las poblaciones de psílicos han aumentado. Estas respuestas de hospedante - parasitoide ó presa - depredador según sea el caso, se favorece aún más cuando el clima se entibia en la primavera, y las condiciones son propicias para el incremento de la población plaga y de los enemigos naturales de ella. Por lo tanto, para que actúe el control biológico (depredadores, parásitos o entomopatógenos) dentro de un programa de manejo integrado de plagas, es necesario que se permita la presencia de éstos agentes para reducir la población de ninfas y adultos de *C. rubra*.

Sin la presencia del parasitoide *T. schina* y de los depredadores mencionados, la densidad poblacional del psílido *C. rubra* aumentaría infestando los brotes y tendría como

reguladores a su propia densidad poblacional y a las condiciones ambientales. Sin embargo, mediante los resultados expuestos no puede despreciarse el efecto del parasitoide sobre la población, por lo que se tendría que evaluar con mayor detalle la eficiencia del control biológico de la especie *T. schina* sobre *C. rubra* en México, tal como lo realizara Da Silva (1994) para California, como una estrategia de control biológico dentro de un programa de manejo integrado (MIP) sobre el psílido del pirú.

V. CONCLUSIONES

1. Los huevecillos ovalados de *C. rubra* tienen un hidrópilo o pedicelo; en su interior contienen micetomas. La ninfa N1 es el único estado ninfal móvil; presenta micetomas color naranja de tamaño proporcionalmente mayor que las encontradas en los demás instares ninfales. Las sectasetas y setas se diferencian individualmente. Estas últimas se distinguen en las exuvias de cada ínstar ninfal. El par de alas se observa desde la ninfa N3; el adulto emerge del estado ninfal N5. Estos muestran dimorfismo sexual, más no diferencias significativas en el tamaño entre sexos.
2. Se determinó que *C. rubra* presenta cinco instares ninfales bien definidos. Los valores de longitud promedio en milímetros para cada ínstar son: N1, 0.23; N2, 0.34; N3, 0.50; N4, 0.68 y N5, 1.07. Su anchura promedio en milímetros fue de: N1, 0.17; N2, 0.28; N3, 0.40; N4, 0.58 y N5, 0.98.
3. Al comparar poblaciones de *Calophya rubra* de San Francisco, California, E.U.A. y de Chapingo, Edo. de México, no se encontraron diferencias significativas en los tamaños de huevecillos y ninfas.
4. *C. rubra* presenta un ciclo biológico que abarca de 48 a 68 días dependiendo de la temperatura. El huevecillo requiere de 4 a 8 días para que emerja la ninfa de primer ínstar. La duración promedio respectiva de las N1 a N5 es la siguiente: N1, 6 a 9 días; N2, 4 a 8

días; N3, 8 a 10 días; N4, 10 a 14 días; N5, 11 a 16 días. El adulto macho sólo vive de 2 a 3 días, mientras que la hembra vive de 4 a 5 días. El ciclo se reduce cuando la temperatura media es de 23°C, y aumenta cuando la media es de 16°C.

5. La fenología reproductiva y vegetativa de *S. molle* se da en relación a factores como temperatura y humedad relativa; en dos meses y medio brotaron cuatro foliolos nuevos, las yemas reproductivas florecieron hasta transformarse en frutos de apenas 1.5mm de diámetro. El desarrollo continuó por mes y medio más hasta la maduración del fruto. La tasa de desarrollo vegetativo se redujo con el desarrollo reproductivo. El invierno tuvo un mínimo de -0.3°C de temperatura y 70% humedad relativa; en verano el valor máximo alcanzó 34°C con 24% de H.R.

6. Los hábitos de alimentación de *C. rubra* en insectario y en campo son similares. La ninfa N1 se desplaza y establece en el foliolulo, raquis ó en los botones florales del hospedante y forma una agalla donde se alimenta durante todo su desarrollo ninfal. El 72% de las ninfas se encuentra en el haz de los foliolulos, y el 28% en el envés. El adulto tarda 2.5 horas en emerger de la exuvia de N5; camina lento por al menos 3 horas mientras hincha sus alas con hemolinfa, para después alimentarse hasta durante 1.5 horas, principalmente las hembras.

7. Se determinó la conducta de apareamiento y fecundidad de hembras. El tiempo de cópula es de cinco a 30 minutos, copulando hasta tres veces en una hora. El tiempo total de cortejo, cópula, ovipostura y caminamientos dura de 10 minutos a 3.5 horas; después de una

fase de reposo y alimentación, prosiguen el apareamiento dos o tres horas después. La fecundidad se incrementa con el aumento de temperatura hasta niveles óptimos a 22°C y a 18°C o menos, disminuye. En cada ovipostura las hembras ponen de 25 a 50 huevos y en un período de 36 horas pueden poner de 25 a 110 huevos, con un promedio de 50 huevos por hembra.

8. Los daños causados por las ninfas producen el cambio de coloración del follaje a verde seco, resequedad y defoliación parcial. La formación de la agalla discal se inicia con la alimentación de la ninfa N1 del psílido, y se desarrolla paulatinamente hasta que alcanza el estado adulto. Alrededor de la agalla se forma un halo alrededor del área donde se alimenta; las células cercanas a ésta se atrofian, mientras que las de la superficie opuesta se hipertrofian. La superficie dorsal de las ninfas se profundiza más abajo de la superficie foliar. Los foliolulos dañados se necrosan y fracturan.

9. La distribución de adultos de *C. rubra* y de su parasitoide *Tamarixia schina* dentro del árbol, en los tercios de la copa y en la exposición de las ramas muestreadas, estadísticamente no mostraron diferencias significativas por alguno de los tres niveles de copa, ni por alguna de las cuatro exposiciones.

10. El ciclo biológico de *Tamarixia schina* Zuparko se obtuvo en el Insectario con un total de huevo a adulto de 20 días. La duración para el huevo fue de 2 a 3 días; larva L₁ de 3 días; larva L₂ de 3 días; pupa 8 días y adultos 3 días sin alimento. El ciclo de vida del hospedante *Calophya rubra* es mayor que el del parasitoide *Tamarixia schina*.

11. El porcentaje de parasitismo por *T. schina* hacia *C. rubra* está entre el 10% y 28% sobre las ninfas N3, N4 y N5.

12. La mayoría de los adultos de *T. schina* (96%) fueron hembras y emergen en horas tempranas del día. La hembra deposita un solo huevo para cada hospedante y aumenta su potencial como control biológico al ser hembras la mayoría de los adultos, además de que no se presenta hiperparasitismo.

13. Entre los depredadores potenciales de *C. rubra*, se determinó a *Hippodammia convergens*, *Chauliognathus* sp., *Chrysoperla carnea*, a *Stenomacra marginella* y otros insectos como anthocoridos, además de arácnidos. El único insecto que parasita a ninfas N3, N4 y N5 fue el eulófido identificado como la especie nueva *Tamarixia schina* Zuparko.

VI. BIBLIOGRAFIA CITADA

- Abbassy, M. A. 1982. Naturally occurring chemicals for pest control III, Insecticidal and synergistic alkaloids isolated from *Schinus terebinthifolius* Raddi. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.47(2): 695-699.
- Agrios, N.G. 1996. Fitopatología. UTEHA- Noriega Eds., 2a. ed. México. 838 p.
- Anwar, T., A. Jabbar, F. Khalique, S. Tahir and M. A. Shakeel. 1992. Plants with insecticidal activities against four major insect pests in Pakistan. National Agricultural Research Centre, Islamabad, Pakistan. Tropical Pest Management, 38: 4, 431-437.
- Ahmad, S. S. 1993. Prevalence of an entomopathogenic fungus *Hirsutella citriformis* on leucaena psyllid *Heteropsylla cubana* in Malaysia. Pertanika J. Tropical Agric.Sc. 16 (2) : 95-99.
- Arnett, R. H. Jr. 1985. American Insects : a handbook of the insects of America North of Mexico. Van Nostrand Reinhold. New York. 850 p.
- Bailey, L. H. and E. Z. Bailey. 1976. Hortus Third : A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada. Cornell University. MacMillan. New York. 1290 p.
- Beardsley, H. W. Jr. and R. H. González. 1975. The biology and ecology of armored scales. Ann. Rev. Entomol. 20:47-73.
- Bennett, F.D., L. Crestana, D. H. Habeck and E. Derti, Jr. 1990. Brazilian peppertree - prospects for biological control. Proc. VII Internal. Symp. on Biol. Contr. Weeds. pp.2293-297.
- Bogya, S. 1995. Clubionid spiders (Clubionidae) as prospective factors in the biological control of apple orchards. Novenyvedelem 31 (4): 149-153.
- Borror, D. J. and R. E. White. 1970. A field guide to the insects of America North of Mexico. Houghton-Mifflin. U.S.A.404 p.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn, and N. F. Johnson. 1989. An introduction to the study of insects. 6th.ed., Saunders College Publishing. U.S.A. 875 p.

- Burckhardt, D. 1988. Jumping Plant Lice (Homoptera: Psylloidea) of the Temperate Neotropical Region. Part 3: Calophyidae and Triozidae. Zoological Journal of the Linnean Society (1988), 52: 115-191.
- Burks, B. D. 1979. Family Eulophidae. In : Krombein, K.V., P.D. Hurd Jr., D.R. Smith and B.D.Burks (eds.). Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Vol.1. Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 1198 p.
- Camacho M., F. 1985. Identificación del mecanismo que inhibe la germinación de *Schinus molle* L. y forma de eliminarlo. Ciencia Forestal 10 (55) : 35-49.
- Cassani, J. R. 1986. Arthropods in Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), in South Florida. Florida Entomol. 69(1): 184-196.
- Cassani, J. R., D. R. Maloney, D. H. Habeck, and F. D. Bennett. 1989. New records on Brazilian peppertree, *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), in south Florida. Fla. Entomol. Winter Haven, Fla. Florida Entomol. 72 (4): 714-716.
- Chu, Y. I., C. C. Chien, F. Kiritani and H. J. Su (ed.). 1991. Utilization of natural enemies to control psyllid vectors transmitting citrus greening. Proc.International Workshop TARI, Integrated control of plant virus diseases. April 1990. pp. 135-145.
- Cibrián T., D. 1991. El "psílido del pirú" (Homoptera: Psyllidae) ¿Un insecto recién introducido a México?. Memorias del XXVI Congr. Nal. de Entomol., Mayo 1991. Soc. Mex. de Entomol. Veracruz, Ver. pp.111-112.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O'Yates III, J. Flores L. 1995. Insectos forestales de México / Forest insects of Mexico. UACH-DICIFO, SFFS-SARH, USDA-FS, NR-Canada, COFAN-FAO. Publicación No.6. 453 p.
- Corkidi, L., S. Cacho, y A. Búrquez. 1991. Dispersión del priú (*Schinus molle* L., Anacardiaceae) por aves en Teotihuacan, México. Acta Bot. Mex. 15: 17-22.
- Clausen, C. P. 1970. Psyllidae. In : Introduced parasites and predators of arthropod pest and weeds. USDA Agriculture Handbook 480. 545 p.
- Correll, D. S. and M. C. Johnston. 1970. Manual of the vascular plants of Texas. Texas Research Foundation. Bot. Studies vol.6. 1881 p.
- Da Silva, P. G. 1994. Studies in Biological Control of the Pepper-Tree Psyllid, *Calophya rubra* (Blanchard), in the San Francisco Bay Area. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley, CA. 119 p.

- De Santis, L. y P. Fidalgo. 1994. Catálogo de Himenópteros Calcidoideos. Serie de la Academia Nal. de Agronomía y Veterinaria No.13. Buenos Aires. 154 p.
- Di Iorio, O. R. 1993. Plantas hospederas y oviposición de *Dorcacerus barbatus* (Oliv.) (Coleoptera: Cerambycidae) en Argentina. Rev. Brasileira de Entomologia 37 (4): 723-729.
- Dikshit, A., A. A. Naqvi, and A. Husain. 1986. *Schinus molle* : a new source of natural fungitoxicant. Applied and Environmental Microbiology 51 (5) : 1085-1088.
- Domínguez R., R. 1990. Taxonomía : Protura a Homoptera. Claves y Diagnosis No.1. Dpto. de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 256 p.
- Dolling, W. R. 1991. The Hemiptera. Nat. Hist. Mus. Publ. Oxford University Press. 274 p.
- Downer, A. J., P. Svihra, R. H. Molinar, J. B. Frase and C. S. Koehler. 1988. New psyllid pest of California peppertree. California Agriculture 42(2):30-32.
- Dreistadt, S. H., J. K. Clark, and M. L. Flint. 1994. Pests of Landscape Trees and Shrubs : An Integrated Pest Management Guide. SIPMP, Univ. Of Calif. Agric. Nat. Resources Publication 3359, Oakland. 327 p.
- Ewel, J. J. et al. 1982. *Schinus terebinthifolius* in successional ecosystems of Everglades National Park. National Park Service, South Florida Research Center, Everglades National Park, Homestead, Fl. Report T-676. 141 p.
- Furniss, R. L. and V. M. Carolin. 1977. Western Forest Insects. Misc. Publ. No.1339, USDA, For.Serv. Washington. 654 p.
- Galindo M., N. E. 1991. Los micetomas, un análisis morfofisiológico de su interacción con los Cidadelidae. Mem. I Simp.Nal. sobre la Interacción Insecto-Hongo. Veracruz, México. p. 84-97.
- Gibson, G. A. P., J. T. Huber and J. B. Wooley, eds. 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press. Ontario, Canada. 794 p.
- Goulet, H. and J. T. Huber. 1993. Hymenoptera of the world : an identification guide to families. Agriculture Canada, Publication 1894/E. 668 p.
- Graham, M. W. R. de V. 1987. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of the remaining genera. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) (Ent.) 55 (1): 1-392p.

- Guardiola, V. G., P. de Miguel y E. Primo. 1990. Repelencia frente a *Blatella germanica* de componentes de *Schinus molle* L. Rev. Agroquím. Tecnol. de Alimentos. Esc. Tec. Sup. Agronom. Valencia, España. 30 (3) : 341-346.
- Gullan, P. J. and M. Kosztarab. 1997. Adaptations in scale insects. Annu. Rev. Entomol. 42:23-50.
- Hagen, K. S. and S. H. Dreistadt. 1990. First California record for *Anthocoris nemoralis* (Fabr.)(Hemiptera : Anthocoridae), a predator important in the biological control of psyllid (Homoptera : Psyllidae). Pan-Pacific Entomologist 66 (4): 323-324.
- Harris, R. W. 1980. Arboriculture : Care of trees, shrubs, and vines in the landscape. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 538 p.
- Hinton, H. E. 1981. Biology of insect eggs. 3 v. Pergamon Press. New York. Vol.2: 477-778.
- Hodkinson, I. D. 1974. The Biology of the Psylloidea (Homoptera): a review. Commonwealth Agricultural Bureaux. Bull. Ent. Res. 64, 325-339.
- Howard, L.F. and R.A. Minnich. 1989. The introduction and naturalization of *Schinus molle* (pepper tree) in Riverside, California. Landscape and Urban Planning. 18 (2) : 77-95.
- Houk, E. J. and G. W. Griffiths. 1980. Intracellular symbiontes of the Homoptera. Ann. Rev. Entomol. 25: 161-187.
- Islas S., A. 1986. El pirú (*Schinus molle* L.) uso y perspectivas en México. Tesis Profesional, División de Ciencias Forestales, Univ. Autónoma Chapingo. México. 54 p.
- Jensen, D. D. 1957. Parasites of the Psyllidae. Hilgardia 27 (2): 71-99.
- Johnson, W. T. and H. H. Lyon. 1991. Insects that feed on trees and shrubs. 2nd. ed., Comstock, Cornell University Press. USA. 560 p.
- Krombein, K. V., P. D. Hurd Jr., D. R. Smith and B. D.Burks (eds.). 1979a. Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Vol.1. Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 1198 p.
- Krombein, K. V., P. D. Hurd Jr., D. R. Smith, and B. D.Burks (eds.). 1979b. Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Vol.2: Symphyta and Apocrita (Aculeata). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 2209 p.

- Kroschel, J. and W. Koch. 1996. Studies on the use of chemicals, botanicals and *Bacillus thuringiensis* in the management of the potato tuber moth in potato stores. Crop.Prot. Oxford, UK. Elsevier Sc.Ltd. 15 (2) pp. 197-203.
- LaSalle, J. 1994. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). J.Nat.Hist. 28(1): 109-236.
- Leopold, A. S. 1972. Wildlife of Mexico: the game birds and mammals. 2nd. ed. University of California Press. 568 p.
- Little, E. L. Jr. 1953. Check list of native and naturalized trees of the United States (including Alaska). Agriculture Handbook No.41, USDA, For. Serv. Washington, D.C. 472 p.
- Llenderal C., C. 1993. Definición de instares larvales de *Phthorimaea operculella* por medición de la cápsula cefálica. Agrociencia, Serie Protección Vegetal 4 (2): 179-186.
- Manion, P. D. 1991. Tree disease concepts. Prentice-Hall. 2nd. ed. New Jersey. 402 p.
- Mardia, K. V., J. T. Kent and J. M. Bibby. 1979. Multivariate analysis. Academic Press, London. 518 p.
- Martínez G., L. y A. Chacalo H. 1994. Los árboles de la Ciudad de México. Univ. Aut. Metropolitana, U. Atzacapotzalco. México. 351 p.
- Martínez, M. J., J. Betancourt, N. Alonso G. and A. Jáuregui. 1996. Screening of some Cuban medicinal plants for microbial activity. J. Ethnopharmacol. Ireland: Elsevier Sc. Ireland. Ltd. 52 (3) p.
- Mead, F. W. 1994. Eugenia psyllid, *Trioza eugeniae* Froggatt (Homoptera : Psyllidae). Entomol.Circular Gainesville No. 367: 3 p.
- Mendoza Z., C. y B. Pinto C. 1985. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. UACH, Depto. de Parasitología Agrícola. Chapingo, Méx. 311 p.
- Mejía N., J. I. 1994. Distribución y reconocimiento morfométrico del piojo saltador del aguacate en la región de Uruapan. Tesis Ing. Agr., Fac. de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich., México. 67 p.
- Niembro, R. A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México: naturales e inducidos. Limusa. México. 206 p.

- Ossiannilsson, F. L. M. Russell and H. Weber. 1970. Homoptera: Psyllina. In: Taxonomist's glossary of genitalia in insects. Tuxen, S.L. ed. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard. 179-190 p.
- Quiróz R., M., J. Valdez C., J. Vera G. y A. Castillo M. 1998. Identificación de instares larvales de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) mediante las dimensiones de sus cápsulas cefálicas. (En prensa).
- Patil, N. G., P. S. Baker and G. V. Pollard. 1993. Life histories of *Psyllaephagus yaseeni* (Hym: Encyrtidae) and *Tamarixia leucaenae* (Hym: Eulophidae), parasitoids of the leucaena psyllid *Heteropsylla cubana*. Entomophaga 38 (4): 565-577.
- Prado, B. E. y J. Valdez C. 1990. Morfología de insectos. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo, Méx. 393 p.
- Rico C., J. 1990a. Utilización de hábitat por *Bombycilla cedrorum* Vieillot en el Campus de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. Memorias del Simposio Internacional de Frugivoría y Dispersión de semillas. Soc. Mex. de Ornitología. UNAM. México. 2 p.
- Rico C., J. 1990b. Dispersión de pirú *Schinus molle* L. en el Campus de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. Memorias del Simposio Internacional de Frugivoría y Dispersión de semillas. Soc. Mex. de Ornitología. UNAM. México. 2 p.
- Rodríguez, Q. M., J. Valdez C., J. Vera G. y A. Castillo M. 1998. Identificación de instares larvales de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). Memorias del XXXIII Congreso Nacional de Entomología, 24-27 Mayo 1998. Soc. Mex. de Entomol. Acapulco, Gro. pp. 97-100.
- Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Continental. México. 403 p.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition, Cary, NC, USA. 1028 p.
- Snodgrass, R. E. 1935. Principles of insect morphology. McGraw - Hill. New York. 667p.
- Steinmann, H. and L. Zombori. 1981. An Atlas of insect morphology. Akademiai Kiadó. Budapest. 248 p.
- Tainter, F. H. and F. A. Baker. 1996. Principles of forest pathology. John Wiley & Sons. New York. 805 p.

- Thirumurthi, S. and R. Annamali. 1995. Insect predators associated with three species of psyllids infesting forest nurseries. *Insect Environ.* 1 (1): 8-9.
- Trueba E., V. 1993. Diagnóstico fitosanitario de seis especies arbóreas del Campus Chapingo, U.A.CH. y una propuesta para su manejo. Tesis Profesional, Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 116 p.
- Tuthill, L. D. 1959. Los Psyllidae del Perú Central (Insecta: Homoptera). *Rev. Peruana de Entomología Agrícola, Soc. Peruana Entomol. Agríc. del Perú*, Vol. 2, No. 1, Junio. pp.1-6.
- Westigard, G. and J. Berry. 1968. Present status of biological control of the pear psylla in southern Oregon. *J. Econ. Entomol.* 61: 740-743.
- Wheeler, A. G., J. E. Rawlins. 1993. *Calophya triozaomima* Schwarz, a sumac-feeding psyllid new to the Eastern United States (Homoptera: Psylloidea : Calophyidae). *Proc. Ent. Soc. Wash.* Vol. 95 (1): 99-106.
- White, I. M. and J. D. Hodkinson. 1985. Nymphal taxonomy and systematics of the Psylloidea (Homoptera). *Bull. Brit. Mus. (Nat.Hist.) (Ent.)* 50 (2): 153-301.
- Wimalaratne, P. D. C., K. N. Slessor, J. H. Borden, L. J. Chong and T. I. Abate. 1996. Isolation and identification of house fly, *Musca domestica* L., repellents from pepper tree, *Schinus molle* L. *Jour. Chem. Ecol.* 22 (1): 49-59.
- Yang, M. M. and C. Mitter. 1994. Biosystematics of hackberry psyllids (*Pachypsylla*) and the evolution of gall and lerp formation in psyllids (Homoptera: Psylloidea): a preliminary report. *In: USDA, For. Serv.* 1994. Price *et al.* eds. The ecology and evolution of gall-forming insects. Gen. Tech. Rep. NC-174. 222 p.

