



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA Y SUS PARASITOIDES EN CHILE *Capsicum annuum* L. EN EL NORTE DE SINALOA

FERNANDO ALBERTO VALENZUELA ESCOBOZA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2010

La presente tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA Y SUS PARASITOIDES EN CHILE *Capsicum annuum* L. EN EL NORTE DE SINALOA**, realizada por el alumno, **FERNANDO ALBERTO VALENZUELA ESCOBOZA**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

Consejero: _____
Dr. Néstor Bautista Martínez

Asesor: _____
Dr. José Refugio Lomeli Flores

Asesor: _____
MC. Jorge Manuel Valdez Carrasco

Asesor: _____
Dr. Edgardo Cortez Mondaca

IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA Y SUS PARASITOIDES EN CHILE *Capsicum annuum* L. EN EL NORTE DE SINALOA

Fernando Alberto Valenzuela Escoboza, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010.

Se identificó a *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Díptera: Agromyzidae) como la especie de minador de la hoja que ataca al cultivo de chile en el norte de Sinaloa y su fluctuación poblacional a través del desarrollo del cultivo, de septiembre de 2008 a abril de 2009. El trabajo se llevó a cabo en parcelas experimentales de chile jalapeño durante el ciclo agrícola otoño invierno, realizando semanalmente muestreos y recolección de folíolos infestados con la larva de minador. En los lotes experimentales no se aplicaron insecticidas, con el fin de favorecer la fluctuación natural de la plaga y sus parasitoides. Tanto el adulto de minador de la hoja como de sus enemigos naturales, se obtuvieron mediante técnicas de confinamiento de folíolos infestados; para ambos casos las mayores fluctuaciones se presentaron desde diciembre hasta febrero, decreciendo a partir de marzo. Se obtuvo un total de 142 ejemplares de parasitoides, de los cuales se identificaron cuatro géneros relacionados directamente con el minador de la hoja: *Opius* sp., *Closterocerus* sp., *Neochrysocharis* sp., y una especie de la familia Figitidae aun no identificada, encontrada sólo en uno de los lotes. *Opius*, fue el parasitoide más abundante en todos los lotes de estudio, encontrando en segundo término a *Closterocerus*, y enseguida a *Neochrysocharis*. De los resultados obtenidos se pueden realizar estudios orientados a desarrollar un programa para el control biológico de *L. trifolii*.

Palabras clave: Agromyzidae, *Liriomyza trifolii*, trampas de impacto, chile jalapeño.

IDENTIFICATION AND POPULATION FLUCTUATION OF THE LEAF MINER AND ITS PARASITES IN PEPPER *Capsicum annuum* L. IN NORTHERN SINALOA

Fernando Alberto Valenzuela Escoboza, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010.

Liriomyza trifolii (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) was identified as the leaf miner species which attacks pepper crops in northern Sinaloa. Also identified were its population fluctuations throughout the crop's development, from September 2008 to April 2009. The research work was done in experimental jalapeno pepper plots during the fall-winter agricultural cycle, with weekly samplings and collections of leaflets infested by the larvae of the leaf miner. No pesticides were applied in the experimental plots in order to favor the natural fluctuation of the miner and its parasites. Both the adult leaf miner and its natural enemies were obtained through confinement techniques of the infested leaflets. In both cases, the greatest fluctuations happened from December to February, falling from March on. A total of 142 parasites were taken, from which four genres were identified, directly related with the leaf miner: *Opius* sp., *Closterocerus* sp., *Neochrysocharis* sp., and a yet unidentified species of the Figitidae family, found in only one of the study batches. *Opius* was the most numerous parasite in all the study batches, followed by *Closterocerus*, and finally *Neochrysocharis*. From the obtained results, studies can be done to develop a program of biological control of *L. trifolii*.

Key words: Agromyzidae, *Liriomyza trifolii*, impact traps, Jalapeño pepper

DEDICATORIA

A mis hijos Edgar Valenzuela Cuadras y Gladys Rubí Valenzuela Cuadras, por motivarme a ser cada día mejor, todo esfuerzo y sacrificio vale la pena hijos, los quiero y siempre están en mi mente.

A mi esposa Gladys Cuadras Espinoza, por el apoyo incondicional a mi formación académica y por estar siempre conmigo. Te quiero.

A la memoria de mi Señor Padre Alejo Valenzuela Valenzuela, viejo, no llegaste a ver concluido este sueño, disfrútalo, este logro también es tuyo.

A mi Señora Madre Rosario Escoboza Gaxiola, por todo su tiempo y amor que siempre me ha demostrado, madre te quiero.

A mis hermanos Reyna, Mirna, Migdalia y Marco, por estar conmigo siempre, que dios los bendiga.

A mis sobrinos Cesar Arturo, Christian Fernando, Alex, Tania Lizeth, Eduardo Armando, Ricardo Armando, Grace Fernanda, Reyna Cecilia y Cesar Yamil, por dar nueva luz a nuestras vidas, los quiero a todos.

A mis cuñados Cesar Arturo, Fernando, Quintín Armando y Gabriela, por su amistad, apoyo y por ser ya parte de mi familia.

A mi segunda madre Micaela Valenzuela Valenzuela, por todo su amor y dedicación, que dios la tenga donde le corresponde, en el cielo.

A la memoria de mi primer amigo Alfonso Ruíz García, por compartir conmigo los primeros años de nuestras vidas, "tortolito" descansa en paz.

A mis suegros Arnulfo Cuadras Ruíz y Amada Espinoza Apodaca, así como a toda mi segunda familia, por lo que significan para mí y por todo su apoyo en estos años de ausencia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todo lo que me ha dado y por permitir este momento tan especial en mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios.

Al Colegio de Postgraduados y al Instituto de Fitosanidad, por haberme formado en tan honorable institución y por hacer de mí, lo que hoy soy, un hombre con ganas de servir a la sociedad.

A mi consejero Dr. Néstor Bautista Martínez, por su amistad, confianza, conocimientos y por todo su apoyo, que siempre me brindo durante mi estancia y formación profesional, para mí un ejemplo a seguir, gracias de todo corazón.

Al Dr. José Refugio Lomeli Flores, por que siempre estuvo atento y presto a aconsejarme en todos los momentos que lo requerí y por compartir conmigo sus conocimientos que me serán muy útiles en mi carrera profesional.

Al Dr. Edgardo Cortez Mondaca, por su amistad, asesoría y apoyo permanente en el trabajo de campo, parte esencial de la presente investigación.

Al MC. Jorge Manuel Valdez Carrasco, por su paciencia, asesoría y vastos conocimientos de morfología, esenciales en los montajes y toma de imágenes de los organismos obtenidos en este estudio.

Al MC. Carlos Ramón Bernal Ruíz, por sembrar en mí, la primera semilla de este apasionante mundo de la Entomología.

A la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (UAS), por haber permitido formarme en sus aulas y adentrarme por vez primera en el conocimiento de la Agronomía; si en estos momentos tuviera que volver a decidir, lo haría de nuevo por mi querida ESAVF.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1. El cultivo de Chile.....	3
1.2. Principales plagas del Chile.....	3
1.3. Minadores de la hoja.....	4
1.4. Generalidades de la familia Agromyzidae.....	4
1.5. Géneros de Agromyzidae.....	6
1.6. Especies de <i>Liriomyza</i> Mik.....	6
1.7. Especies de <i>Liriomyza</i> Mik. de importancia económica.....	7
1.8. Generalidades de los minadores de la hoja.....	9
1.8.1. Origen y distribución geográfica de <i>L. huidobrensis</i>	9
1.8.2. Biología y hábitos.....	9
1.8.3. Plantas hospederas de <i>L. huidobrensis</i>	10
1.8.4. Origen y distribución geográfica de <i>L. trifolii</i>	10
1.8.5. Biología y hábitos.....	10
1.8.6. Plantas hospederas de <i>L. trifolii</i>	12
1.8.7. Origen y distribución geográfica de <i>L. sativae</i>	13
1.8.8. Biología y hábitos.....	13
1.8.9. Plantas hospederas de <i>L. sativae</i>	13
1.9. Estudios sobre el manejo de minadores de la hoja.....	14

1.9.1. Medidas de manejo preventivas.....	14
1.9.1.1. Bases de resistencia en genotipos de tomate.....	14
1.9.1.2. Uso de túneles de malla.....	15
1.9.1.3. Empleo de trampas de impactación.....	15
1.9.1.4. Técnica del macho estéril.....	16
1.9.2. Medidas de manejo curativas.....	16
1.9.2.1. Utilización de manto amarillo pegante.....	16
1.9.2.2. Uso de aspiradora entomológica.....	17
1.9.2.3. Efecto de azadiractina sobre larvas de minador.....	18
1.9.2.4. Control microbiano de larvas de minador.....	18
1.10. Control biológico.....	19
1.10.1. Nematodos.....	19
1.10.2. Hongos entomopatogenos.....	20
1.10.3. Depredadores.....	20
1.10.4. Parasitoides.....	21
1.10.4.1. Generalidades de la familia Eulophidae.....	23
1.10.4.2. Especies de Eulophidae parasitoides de Agromyzidae.....	24
1.10.4.3. Generalidades de la familia Braconidae.....	25
1.10.4.4. Especies de Braconidae parasitoides de Agromyzidae.....	25
1.10.4.5. Generalidades de la familia Figitidae.....	26
1.10.4.6. Especies de Figitidae parasitoides de Agromyzidae.....	27
1.11. Comentarios.....	28
CAPÍTULO 2. IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL	
DEL MINADOR DE LA HOJA EN CHILE JALAPEÑO EN EL	
NORTE DE SINALOA.....	29
2.1. Resumen.....	29

2.2. Introducción.....	30
2.3. Materiales y métodos.....	31
2.3.1. Ubicación de lotes de estudio.....	31
2.3.2. Especies de minadores de la hoja asociados con el cultivo Chile jalapeño en el norte de Sinaloa.....	32
2.3.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja.....	35
2.4. Resultados.....	36
2.4.1. Condiciones climáticas en la zona de estudio.....	36
2.4.2. Identificación del minador de la hoja.....	38
2.4.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja.....	40
2.4.4. Comparación de la captura de adultos de minador de la hoja en trampas de impacto a diferente altura.....	41
2.5. Discusión.....	44
2.5.1. Condiciones climáticas en la zona de estudio.....	44
2.5.2. Identificación del minador de la hoja.....	46
2.5.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja.....	46
2.5.4. Comparación de adultos capturados en trampas de altura fija y variable.....	48
 CAPÍTULO 3. PARASITISMO NATURAL DEL MINADOR DE LA	
HOJA <i>Liriomyza trifolii</i> (Diptera: Agromyzidae) EN CHILE	
EN EL NORTE DE SINALOA.....	
3.1. Resumen.....	51
3.2. Introducción.....	51
3.3. Materiales y métodos.....	54
3.3.1. Ubicación de lotes de estudio.....	54
3.3.2. Especies de parasitoides asociados al minador de la hoja en el cultivo de chile jalapeño en el norte de Sinaloa.....	55

3.4. Resultados y discusión.....	56
CONCLUSIONES GENERALES.....	66
LITERATURA CITADA.....	68

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Géneros de himenópteros parasitoides asociados a minadores de la hoja (<i>Agromyzidae</i>).....	21
Figura 1. Datos climáticos en los municipios de Ahome, El Fuerte y Guasave.....	37
Figura 2. <i>Liriomyza trifolii</i> A) Ala derecha, B) Vista lateral del edeago C) Vista ventral del edeago, D) Vista ventral de la bomba eyaculadora.....	39
Figura 3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja manifestado en minas en folíolos tres municipios del norte de Sinaloa. Los asteriscos señalan cuando hay diferencias significativas en las poblaciones de minadores entre las tres localidades para cada fecha. Cada muestra consistió en 100 folíolos.....	41
Figura 4. Comparación de la captura de adultos, del 1-oct-08 al 15-abr-09 en trampas de altura fija (TAF) a 1.70 m y trampas de altura variable (TAV) de acuerdo a la altura del cultivo.....	43
Figura 5. A) <i>Opius dissitus</i> Muesebeck, B) Mandíbula con diente basal C) Antena, D) Mesosoma vista lateral, sin carina epicnemial E) Mesoescuto, sin notauli ni fosa media, F) Ala anterior.....	59
Figura 6. A) <i>Closterocerus cinctipennis</i> Ashmead, B) Antena, C) Mesosoma Mesoescuto y escutelo, D y E) Alas, vena submarginal con un un par de setas dorsales y dos bandas transversales en las alas anteriores.....	60
Figura 7. A) <i>Neochrysocharis</i> sp., B) Antena, C) Mesosoma, D y E) Ala anterior, vena submarginal con dos setas dorsales, vena post-marginal presente e igual de larga que la vena estigmal.....	62

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las solanáceas representan uno de los recursos bióticos más importantes para el hombre, de éstas, el chile, una especie originaria de Mesoamérica (Martínez, 1994), hoy distribuida en muchos países en los cuales se explota de manera comercial, entre los que sobresale China como principal productor (FAOSTAT, 2006). México se encuentra entre los mayores productores de chile, con más de 100.000 ha establecidas anualmente y con una producción de alrededor de 2'000.000 de t. (SAGARPA, 2006). En México, Sinaloa junto con Zacatecas y Chihuahua son los principales productores. Sin embargo, el desarrollo del cultivo así como su producción se ve seriamente afectado por factores bióticos y abióticos, siendo los primeros (enfermedades, maleza y plagas insectiles) una limitante recurrente para el cultivo en las diferentes zonas productoras, entre las plagas más importantes están: el picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae), el pulgón verde *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) y el gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Bautista, 2006). En los últimos ciclos agrícolas, el minador de la hoja (Diptera: Agromyzidae), en el estado de Sinaloa, se ha erigido como un factor limitante del chile jalapeño, ya que el adulto hembra causa daños al alimentarse y al ovipositar, y sobre todo la larva al alimentarse del mesofilo de los folíolos. A pesar de esto, aspectos básicos como la identidad de las especies de minador de la hoja en el cultivo y su comportamiento poblacional a través de su desarrollo permanecen desconocidos.

Tradicionalmente el productor agrícola en Sinaloa solo utiliza insecticidas químicos para el control de insectos plaga, realizando alrededor de 25 aspersiones lo cual provoca contaminación ambiental, altos costos de producción y resistencia

del insecto a estos plaguicidas, además al utilizar insecticidas de amplio espectro, se eliminan los enemigos naturales que ayudan a regular las poblaciones plaga. Entre estos, especies parasitoides sin identificar y que eventualmente pueden constituirse como una alternativa de control biológico del minador de la hoja.

Los objetivos del presente trabajo fueron Identificar las especies de minador de la hoja asociados al cultivo de chile jalapeño en el norte de Sinaloa y conocer su fluctuación poblacional a través del desarrollo del cultivo, así como identificar las especies de parasitoides que en condiciones naturales ayudan a regular las poblaciones del minador de la hoja.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. El cultivo de chile

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una solanácea que tiene su centro de origen en Mesoamérica (Martínez, 1994; Lesur, 2006). Sin embargo, se cultiva en países como China, Indonesia, Turquía y Nigeria (FAOSTAT, 2006). México es de los principales productores de chile, ya que al año se siembran alrededor de 140,000 ha y la producción asciende a 1'180, 000 t (FAOSTAT, 2006). En el estado de Sinaloa se establecen, en promedio, 17,180 ha/año, con una producción de 488,153 t (SAGARPA, 2006).

1.2. Principales plagas del chile

El chile es afectado por insectos como: picudo, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae); pulga saltona negra, *Epitrix cucumeris* (Harris) (Coleoptera: Chrysomelidae); pulgón del melón, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae); gusano del cuerno, *Manduca sexta* L. (Lepidoptera: Sphingidae); y gusano soldado, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), entre otros (MacGregor y Gutiérrez, 1983; Bautista, 2006). En los últimos ciclos agrícolas, los minadores de la hoja (Diptera: Agromyzidae) se han convertido en una de las plagas principales del cultivo en la región norte de Sinaloa, por lo común se presentan en poblaciones elevadas y provocan defoliación severa de las plantas en todo el lote (Pacheco, 1985; Bautista, 2006).

1.3. Minadores de la hoja

El género *Liriomyza* contiene más de 330 especies que están ampliamente distribuidas en el nuevo y viejo mundo, aunque más comúnmente se encuentran en regiones templadas, aproximadamente 23 especies de *Liriomyza* han sido reportadas como de importancia económica y cinco de ellas son polífagas. Los minadores de la hoja *Liriomyza* sp., causan daño directo e indirecto a una amplia variedad de cultivos y ornamentales, esto se manifiesta por las picaduras producidas por las hembras adultas con fines de alimentación u oviposición y por la actividad alimentaria de las larvas en las hojas, destruyendo parte de la masa foliar y disminuyendo en algunos casos la actividad fotosintética. Estos insectos han invadido muchas regiones del mundo, más allá de sus centros de origen, por ejemplo *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza sativae* Blanchard, son tres de las especies de Agromyzidae consideradas como plagas de importancia económica en diversos cultivos hortícolas y ornamentales.

Los métodos de combate, como físicos, culturales, mecánicos y químicos han demostrado limitaciones por la biología de estos insectos. El cambio de estatus de los minadores de la hoja como plaga, es el resultado, en parte, de su naturaleza multivoltina, hábitos de alimentación polífaga y habilidad para desarrollar resistencia muy rápida a los insecticidas.

1.4. Generalidades de la familia Agromyzidae

El hábito minador en los insectos, fue reportado por vez primera en la literatura desde finales del siglo XVII, cuando Beckmann en 1681, habló e ilustró las extrañas formas que habían aparecido en grandes cantidades años anteriores

en árboles de cereza en Frankfurt, Alemania. Dichos insectos resultaron ser especies de minadores del orden Lepidoptera. Cincuenta años después, Réaumur en 1737, hizo el primer reporte de minadores agromícidos sobre plantas de *Sonchus oleraceus* L., *Trifolium* sp., *Ranunculus* sp. y *Lonicera* sp., a estas especies no se les dio nombre pero eran fácilmente reconocidas por la planta hospedera (Spencer, 1973).

La familia Agromyzidae está conformada por alrededor de 2,500 especies, son moscas de tamaño pequeño a mediano (2-6 mm) (Spencer, 1973; Lambkin *et al.*, 2008), los colores predominantes en adultos son negro, gris, verde a completamente amarillo y sus alas son hialinas, su presencia se aprecia por lo común posados sobre la vegetación (Spencer, 1973; Gençer, 2009). Está compuesta por especies fitófagas, las larvas viven y se alimentan completamente dentro de los tejidos vegetales de la planta hospedera, aproximadamente 75% de las especies en estado larval, poseen el hábito de alimentarse del tejido empalizada de las hojas sin dañar la epidermis foliar, razón por la cual son conocidas comúnmente como “minadores”, “submarinos” o “pasahojas” (Salvo y Valladares, 2007). El resto de los agromícidos, se alimenta de igual manera como endofágos en diversos órganos vegetales como tallos, ramas e inflorescencias, causando daño en las plantas al defoliarlas, reduciendo los rendimientos o matando a los hospederos en altas densidades (Spencer y Steyskal, 1986; Reitz y Trumble, 2002; Gençer, 2004, 2009). La mayoría de los autores coinciden en que una especie de minador de hojas se convierte en plaga por el desarrollo de resistencia a insecticidas y por la eliminación de sus enemigos naturales (Salvo y Valladares, 2007). Además, otros dos factores pueden contribuir decisivamente a que los

agromícidos alcancen elevados tamaños poblacionales, la relativa inconspicuidad, lo cual les permite pasar inadvertidos hasta alcanzar altas densidades y la protección que consiguen sus estados inmaduros dentro de los tejidos vegetales, especialmente contra los insecticidas de contacto (Reitz y Trumble, 2002).

1.5. Géneros de Agromyzidae

La familia Agromyzidae se divide en dos subfamilias, la Agromyzinae que comprende siete géneros y la Phytomyzinae con dieciocho géneros, dentro de éstos últimos, un género económicamente muy importante es *Liriomyza* Mik., el cual está ampliamente distribuido en el mundo y está compuesto por especies polífagas (Palacios *et al.*, 2008).

1.6. Especies de *Liriomyza* Mik.

El género *Liriomyza* fue erigido en 1894, es un grupo cosmopolita que contiene más de 300 especies, distribuidas extensamente, aunque mejor adaptadas a regiones templadas (Spencer, 1973; Parrella, 1987; Petcharat, 2002; Asadi *et al.*, 2006). Existen relativamente pocas especies en los trópicos, dentro de este género 23 especies tienen importancia económica causando daños en los cultivos agrícolas y plantas ornamentales por su actividad de minar hojas, de las 2,450 especies descritas en la familia Agromyzidae, sólo once son consideradas polífagas y cinco de éstas se encuentran dentro del género *Liriomyza* (Parrella, 1987).

Las larvas de este género, atacan plantas ornamentales y cultivos agrícolas en las familias Cucurbitaceae, Fabaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Asteraceae y muchas otras especies de plantas (Musgrave *et al.*, 1975; Petcharat, 2002).

1.7. Especies de *Liriomyza* Mik de importancia económica

A nivel mundial se han reportado varias especies de minador de la hoja pertenecientes al género *Liriomyza*, las cuales atacan a plantas silvestres y cultivadas, por ejemplo, en la región baja de Rio Grande Valle de Texas y otras regiones de Estados Unidos y México, se reporta a *L. sativa* como una seria plaga en chile bell (Chandler, 1984). Mientras que *L. trifolii* es señalada como la plaga de mayor importancia económica en apio *Apium graveolens* L. (Apiaceae) y tomate *L. esculentum* en Florida, EEUU y representa una seria amenaza como plaga a sembradíos de crisantemo *Chrysanthemum morifolium* Ramat (Asteraceae) (Parrella, 1984). Se señala que los cultivos hortícolas en campo a nivel mundial están bajo la amenaza de tres especies de minadores y entre ellas, *L. sativa*, *L. trifolii* y *L. huidobrensis*, las cuales se caracterizan por ser altamente polífagas y por invadir nuevas áreas geográficas, incluyendo grandes extensiones del viejo mundo (Murphy y La Salle, 1999), estas tres especies son reportadas como los agromicidos mas comunes e importantes en diferentes cultivos en las zonas productoras de California (Reitz y Trumble, 2002). En la provincia de Hainan, China, fue observada *L. sativa* en 1994 y rápidamente se diseminó a todo el territorio exceptuando sólo algunas áreas, generando un problema serio en la producción agrícola (Xu *et al.*, 2007), en Shizuoka, Japón, *L. trifolii* fue reportada por primera vez en 1990, atacando cultivos y plantas ornamentales (Abe y Konishi, 2004). El daño lo provocan las larvas que se comportan como plagas polífagas (Petcharat *et al.*, 2002). Por ejemplo, en Turquía (Gençer, 2004) señala que *L. trifolii* ataca frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae), tomate *L. esculentum* y calabaza *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae). Se han reportado especies diferentes como *Liriomyza katoi*

Sasakawa y *Liriomyza yasumatsui* Sasakawa sobre *Chrysanthemum* sp. (Asteraceae) en el norte de Indonesia (Malipatil *et al.*, 2004). Así también (Téllez *et al.*, 2005) reportan a *L. trifolii* y *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach) como las especies actualmente presentes en cultivos hortícolas de Almería, España. Mientras que en Canadá se menciona al minador del guisante *L. huidobrensis*, el cual en principio se encontró e identificó en Pantano de Holanda perteneciente a la región de Ontario en 1999 y desde entonces causa pérdidas económicas significativas en cultivos vegetales de hoja como lechuga *Lactuca sativa* L. (Asteraceae), espinaca *Spinacea oleracea* L. (Amaranthaceae), apio *A. graveolens* y en invernadero ataca a plantas ornamentales, así como, pepino *Cucumis sativus* L. (Cucurbitaceae) y cebolla *Allium cepa* L. (Alliaceae) (Martin *et al.*, 2005). Se reportan las especies *Liriomyza strigata* (Meigen), atacando *Cerithe minor* L. (Boraginaceae) y *Liriomyza cicerina* (Rondani) la cual ataca garbanzo *Cicer arietinum* L. (Fabaceae), que junto con *L. trifolii*, reportada atacando a *Cardaria draba* L. (Brassicaceae), las cuales se han convertido en un complejo de agromicidas de importancia económica en Turquía (Gençer, 2009). Con relación a México y sobretodo en la región central del país (Palacios *et al.*, 2008) mencionan tres especies identificadas: *Liriomyza brassicae* (Riley) encontrada sobre la planta ornamental de lantana *Lantana camara* L. (Verbenaceae), *Liriomyza sabaziae* Spencer, atacando cártamo *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae) y *L. trifolii* especie ubicada atacando chile *C. annum* L. (Solanaceae) y específicamente en la región productora de crisantemo en Texcoco, Estado de México, se han documentado las tres especies de minadores comúnmente reportadas en la literatura científica como las más dañinas a nivel mundial, tales como *L. trifolii*, *L. huidobrensis* y *L. sativa*, siendo esta última la más común y dominante (Hernández *et al.*, 2009).

1.8. Generalidades de los minadores de la hoja

1.8.1. Origen y distribución geográfica de *L. huidobrensis*

Es nativa de América del sur, ubicada en países como Perú, Chile y Argentina, pero dispersada a casi todo el mundo adaptándose a nuevas regiones geográficas y afectando económicamente a producciones comerciales de numerosas hortalizas, especies ornamentales y cultivos anuales. En norte América se encuentra en México, California y Hawaii, y ocasionalmente en Florida, EEUU, últimamente ha invadido varios países Europeos, Asiáticos y algunos de África (Larraín, 2004).

1.8.2. Biología y hábitos

Las hembras del minador de *L. huidobrensis*, depositan en promedio 252 huevos en forma asilada, bajo la epidermis de las hojas (Lizárraga, 1990). A los pocos días de cada uno eclosiona una larva que comienza alimentarse cerca de las nervaduras de las hojas realizando galerías, las cuales van aumentando de tamaño conforme la larva crece. Al completar su desarrollo, sale de la galería para pupar, lo cual sucede sobre las hojas o en el suelo.

La duración de los distintos estados depende de la temperatura, humedad relativa, hospederos y manejo del cultivo. Siendo la temperatura el factor más importante y su óptima fluctúa entre los 20°C y los 27°C (Trouvé *et al.*, 1991). La humedad prolongada afecta negativamente el ciclo de vida de estos insectos, principalmente a las pupas en suelos muy húmedos. La mayor actividad de la plaga, se produce en horas de poca luminosidad (5-6 AM y 4-6 PM). A una temperatura de 27°C y 74% de humedad relativa, la duración del ciclo es de 22.5 días (Salas *et al.*, 1988).

1.8.3. Plantas hospederas de *L. huidobrensis*

Es un insecto altamente polífago, ataca a numerosos cultivos hortícolas, ornamentales y malezas, representados en más de 15 familias de plantas como, Asteraceae, Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Leguminoseae, Liliaceae (Steck, 1996).

1.8.4. Origen y distribución geográfica de *L. trifolii*

Es una especie nativa de Estados Unidos de América, pero ampliamente distribuida a nivel mundial, hasta hoy se ha reportado en países Europeos como, Checoslovaquia, Francia, Alemania, Italia, Polonia, España, Inglaterra y otros, en Asia se ha registrado y reportado en Japón, mientras que en países Africanos se mencionan a Etiopía, Nigeria, Senegal, Sudáfrica y Tanzania, en el continente Americano esta reportada en Canadá, México, Bahamas, Costa Rica, República Dominicana, Guadalupe, Guatemala, Colombia, Perú, Venezuela y Estados Unidos (Étienne y Martínez, 1996).

1.8.5. Biología y hábitos

La máxima emergencia de los adultos ocurre antes de mediodía y por lo común los machos emergen primero que las hembras; el apareamiento puede presentarse 24 horas después y una sola cópula es suficiente para fertilizar a todos los huevos. Debeko *et al.* (2007) mencionan que después de ese evento, la hembra hace picaduras en las hojas del hospedero provocando heridas que sirven para ovipositar aunque también provoca picaduras para alimentación, en ambos casos utiliza su ovipositor. Las picaduras para alimentarse causan la destrucción de un mayor número de células y son más fácil de observar a simple vista,

aproximadamente el 15% de estas son para colocar huevos, mismos que son ubicados bajo la superficie de las hojas, en número que varía de acuerdo a la temperatura y planta hospedera, Los machos son incapaces de provocar ese daño en las plantas, pero se ha observado que se alimentan en las heridas hechas por las hembras (Murphy y LaSalle., 1999). Los adultos viven como máximo entre 13 y 18 días, aunque los machos viven sólo de 2 a 3 días, posiblemente por que ellos se alimentan menos que las hembras por su limitación de generar picaduras en los tejidos vegetales, mientras las hembras por lo general sobreviven durante una semana, típicamente se alimentan y ovipositan durante la mayor parte de las horas de luz del día, sobretodo en medio día (Capinera, 2001).

Huevo. Los huevos son de forma ovalada y pequeños, miden aproximadamente 1.0 mm de largo y 0.2 mm de ancho, al principio son claros traslucidos y posteriormente se tornan grisáceos, de preferencia son depositados en la parte media de la planta, tanto en la parte adaxial como abaxial de la superficie de las hojas, el adulto parece evitar las hojas inmaduras, la hembra deposita los huevos sobre la superficie inferior de la hoja justo bajo la epidermis (Parrella, 1987).

Larva. Pasa por tres instares larvales, en su máximo desarrollo alcanza una longitud de aproximadamente 2.25 mm al principio las larvas son incoloras, después se transforman a tono verdoso y por último en amarillo. Presenta esqueleto cefalofaríngeal evidente en todos los instares, la larva madura hace un corte semicircular en la hoja de preferencia en la epidermis superior de la misma, sitio por el cual emerge de la mina y justamente antes de la formación del pupario, ya en el suelo se entierra como máximo 1 cm de profundidad para formar el pupario, existe un cuarto instar larval el cual ocurre entre la formación del pupario y

la pupa, aunque por lo común este proceso es ignorado por los investigadores. La alimentación de la larva inicia inmediatamente después de emerger, las diferentes especies se alimentan de diversas partes del mesófilo de la hoja, por ejemplo, *L. trifolii* consume el parénquima empalizada, *L. huidobrensis* se alimenta del mesófilo esponjoso y *L. brassicae* lo hace de ambos (Parrella, 1987).

Pupario. Es de forma cilíndrica, ligeramente aplanado ventralmente, de 1.3 a 2.3 mm de largo y 0.5 a 0.75 mm de ancho, su color es variado, de naranja a amarillo pálido, pero a menudo se oscurece y toma un tono marrón dorado (Parrella, 1987).

Adulto. Presenta combinación de colores amarillo con negro, frente y órbitas completamente amarillas, con dos pares de cerdas fronto-orbitales superiores, así como dos pares de cerdas fronto-orbitales inferiores. Presenta dos pares de cerdas verticales que emergen sobre una cutícula color amarilla, la antena presenta todos sus segmentos amarillo-brillante, en ambos sexos los ojos son glabros. El mesonoto Presenta 3+1 pares de cerdas dorsocentrales, también se observan cuatro hileras de sedas. En las alas del macho, presenta una longitud de 1.25 mm, mientras que en la hembra mide 1.46 mm, la vena costa se extiende hasta la M_{1+2} en ambos sexos. (Palacios *et al.*, 2008).

1.8.6. Plantas hospederas de *L. trifolii*

Se ha reportado en las siguientes especies vegetales, *Allium porum* L., *A. schoeroprasum* L. (Alliaceae); *Daucus carota* L., *Apium graveolens* L. (Apiaceae); *Baccharis halimifolia* (L.), *Bidens alba* (L) DC., *Bidens pilosa* L., *Chrysanthemum* sp., *Dahlia* sp., *Erechtites hieracifolia* (L.), *Eupatorium* sp., *Flaveria trinervia* (Spreng.) C. Mohr, *Gaillardia aristata* Pursh, *Gerbera jamesonii* Bolus ex

Hooker F, *Helianthus* sp., *Lactuca* sp., *Tagetes* sp., *Tridax procumbens* L., *Zinnia* sp., (Asteraceae); *Cleome viscosa* L. (Capparaceae); *Citrullus lanatus* Schrad., *Cucumis* sp., *Cucurbita* sp. (Cucurbitaceae); *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae); *Phaseolus* sp., *Pisum* sp., *Trifolium repens* L., *Vigna* sp. (Fabaceae); *Hibiscus* sp. (Malvaceae); *Avena sativa* L. (Poaceae); *Capsicum* sp., *Solanum americanum* Mill., *Solanum nigrum* L., *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae); *Kallstroemia maxima* (L.) Torr. & Gray., *Tribulus terrestris* L. (Zygophyllaceae) (Spencer, 1973; Parrella, 1984; Spencer y Steyskal, 1986; Capinera, 2001; Palacios *et al.*, 2008).

1.8.7. Origen y distribución geográfica de *L. sativae*

Esta especie es originaria de América, hoy esta dispersado en Norte, Sur y Centro América, en el pacífico está presente en Tahití y Hawaii (Spencer, 1973).

1.8.8. Biología y hábitos

Las hembras de ésta especie producen perforaciones sobre el haz de las hojas de sus hospederos para alimentarse y colocar huevos internamente (endofíticos), los cuales tardan en eclosionar 2,52 días a 25°C. En estado de larva dura en promedio 3.80 días a 25°C, próxima a pupar hace un corte en la epidermis del folíolo y mediante movimientos peristálticos abandona el folíolo y pupa en el suelo, aunque algunas lo hacen sobre el, éste proceso ocurre entre las 8 am y las 12 pm, con un pico máximo a las 10:30 am (Issa y Marcano, 1990).

1.8.9. Plantas hospederas de *L. sativae*

Se ha reportado en especies vegetales de diversas familias como tomate, chile, papa, berenjena, melón, pepino (Spencer, 1973).

1.9. Estudios sobre el manejo de minadores de la hoja

En muchos lugares del mundo se han experimentado diversas medidas de manejo del minador de la hoja, las cuales podemos dividir las en preventivas y curativas:

1.9.1. Medidas de manejo preventivas

1.9.1.1. Bases de resistencia en genotipos de tomate

En la India durante la temporada primavera-verano 2001-2002, fueron evaluados trece genotipos de tomate, se midió el porcentaje de daño en hojas, causado por la infestación de minador, se observó que el genotipo menos dañado en hojas bajas con 4.27% de daño, hojas medias con daño de 20.94% y hojas altas con 43.16% de daño, fue NS 101, el cual presentó 2032.0, 1989.3 y 1880.0 tricomas por cm² en hojas bajas, medias y altas respectivamente; Mientras que el genotipo con mayor porcentaje de daño fue Pusa Ruby con 22.34% en hojas bajas, 33.07% de daño en hojas medias y 47.67% de daño en hojas altas, éste genotipo presentó 785.36, 762.84 y 745.40 tricomas por cm² en hojas bajas, medias y altas respectivamente. El resto de los genotipos presentaron porcentajes de daño intermedios, se observó una relación directa entre el número de tricomas por cm² y el porcentaje de daño en hojas (Sahu *et al.*, 2006).

1.9.1.2. Uso de túneles de malla

En las Islas Canarias se hizo un estudio en 1999, con el cultivo de lechuga *Lactuca sativa* L. y se comparó la eficacia del uso de microtúnel de malla con la aplicación de los insecticidas Abamectina y Cyromacina. Los resultados mostraron que los tratamientos cubiertos con malla, tuvieron una reducción de 26% la presencia y daño del minador de la hoja *Liriomyza* sp. con relación a los tratamientos con insecticidas (Hernández *et al.*, 1999).

1.9.1.3. Empleo de trampas de impactación

El uso de trampas de impacto con pegamento, para monitoreo y control de insectos, se ha reportado ampliamente en la literatura como efectivas para evaluar la presencia de adultos de minadores, en ese sentido (Risco *et al.*, 1999) evaluaron la efectividad de trampas amarillas y verdes, fijas y móviles, determinando que las trampas fijas atrapan mayor cantidad de adultos y afectan menos la población de parasitoides, así también que el color verde es más atractivo para las hembras de minador; Mientras que en Canadá se probaron los colores rojo, azul, violeta, verde, blanco y amarillo a diversas alturas de 10, 30, 50, 70 y 90 cm, para conocer la atracción que ejercen sobre adultos de la plaga en cultivo de apio *A. graveolens* en la temporada 2001-2002, determinando que el color mas atractivo es el amarillo y la altura adecuada es 20 cm sobre el cultivo (Martin *et al.*, 2005). También se ha reportado el uso de trampas amarillas en complemento con aceites esenciales para fines de monitoreo y control de adultos de minador, tal como lo reporta Górski (2005) quién realizó un estudio en los años 2003-2004, evaluando diversos aceites esenciales naturales, tales como, aceite de píceas, aceite de albahaca, aceite de

enebro, aceite de árbol de té, entre otros y observó que el porcentaje de incremento en capturas llegó a 561.33%, 287.95%, 159.74% y 130.77% respectivamente, en comparación a un testigo (trampa sin aceite).

1.9.1.4. Técnica del macho estéril

En invernaderos de la Universidad de California en Davis en la temporada 2002-2003, se liberaron machos de minador estériles, se determinó que la simple liberación no disminuía en gran medida las poblaciones de *L. trifolii* en cambio al combinar la liberación del macho estéril y el parasitoide *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) los resultados mostraron que mientras en el testigo se contabilizaron en promedio 14,6 larvas vivas, en el tratamiento donde se liberaron machos estériles y el parasitoide, no mostró larvas vivas (Kaspi y Parrella, 2006).

1.9.2. Medidas de manejo curativas

1.9.2.1. Utilización de manto amarillo pegante

Investigadores del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) proponen el uso del manto pegante, que consiste en una lona amarilla suspendida a la máquina y untada con grasa transparente (grasa de cerdo, aceite lubricante de tractor o grasa de litio), se disturba al insecto plaga con el paso del tractor para que queden atrapadas en el plástico. La “pasada de manto” se intercala con la aplicación de insecticidas desde el inicio del cultivo y durante su desarrollo, con una frecuencia de una y dos veces por semana. La aplicación de esta técnica ha llegado a reducir a la mitad el número de aplicaciones de insecticidas. (Carmona *et al.*, 2003).

1.9.2.2. Uso de aspiradora entomológica

Huerta *et al.* (2003) realizaron un estudio en Boyeros, Estado de México, dentro de invernaderos con producción comercial de crisantemo, de noviembre de 1999 a enero de 2000, se eligieron dos invernaderos, en uno se implementó el combate mecánico (uso de aspiradora entomológica) y en otro se procedió como tradicionalmente se combate la plaga en la región (uso de insecticida químico cyromacina); En el combate mecánico se realizaron 14 aspiraciones, una cada siete días, de igual manera se realizaron 14 aplicaciones, una cada siete días (750 g i.a./kg en dosis de 0,15 g/L de agua). Para el conteo de marcas de alimentación y minas, de cada estrato se tomó una hoja al azar y en ésta se contó el número de marcas y minas. En el tratamiento donde se utilizó el combate mecánico (tratamiento uno) el promedio de marcas de alimentación causadas por los adultos del minador de la hoja fue de 14,34 marcas por cada 2 cm²/hoja, mientras que en el tratamiento con combate químico (tratamiento dos), el promedio fue 18,80 marcas por cada 2 cm²/hoja. Entonces, en el invernadero bajo combate mecánico, las marcas de alimentación fueron 23,72% menores que en el invernadero donde se aplicaron insecticidas. Con respecto a las minas causadas por las larvas, en el tratamiento con combate mecánico, el promedio fue de 0,42 minas por cada 2 cm²/hoja, y en tratamiento químico fue 1,54 minas por cada 2 cm²/hoja, es decir, en el tratamiento uno, las minas fueron 72,72% menores que en tratamiento dos.

1.9.2.3. Efecto de Azadiractina sobre larvas de minador

Se realizó un trabajo de investigación en el cultivo de garbanzo *C. arietinum* L. en áreas cultivadas de Sanliurfa y en el campo experimental de la Facultad de Agricultura en la Universidad de Harran, Turquía, de marzo de 2006 a junio de 2007, se comparó el efecto de azadiractina a concentración de 1% obtenida de semilla de nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) con cyromacina 75% aplicado de acuerdo a la recomendación de 20 g/100 L de agua. Ambos tratamientos se aplicaron con un promedio de 2 a 3 larvas/hoja en el 50% de plantas evaluadas, los resultados obtenidos demuestran que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos, Mientras que en relación al porcentaje de parasitismo, en el tratamiento de azadiractina fue de 35.08% y en Cyromacina, el parasitismo fue solo de 16.98% (Çikman y Kaplan, 2008).

1.9.2.4. Control microbiano de larvas de minador

Se realizó un estudio para evaluar la efectividad de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner comparándola con cyromacina y un testigo sin insecticida los resultados indicaron que *B. thuringiensis* y cyromacina, presentaron buena efectividad y no se observó diferencia significativa entre los tratamientos, pero sí respecto al testigo y además, en las parcelas tratadas con la bacteria el parasitismo fue más alto que en las parcelas tratadas con cyromacina (Çikman *et al.*, 2008).

1.10. Control biológico de minadores de la hoja

El término control biológico fue definido por Harry Smith en 1919, como la reducción de poblaciones de insectos por la acción de sus enemigos naturales nativos o introducidos. Balch en 1958 amplió el término para referirse a los métodos que involucran la manipulación directa de los enemigos naturales, incluyendo a microorganismos patógenos, tanto por introducción o propagación. Años posteriores, Van Driesche y Bellows (1996) adecuaron el concepto y lo definieron como el uso de parasitoides, depredadores, patógenos, antagonistas o poblaciones competidoras para disminuir una población plaga, haciéndola menos abundante y por ello menos dañina de lo que sería en su ausencia.

El control biológico tiene como fundamento el manejo de las plagas de manera sustentable y no contaminante, y se basa en el hecho de que la mayoría de los cultivos toleran en forma natural densidades aparentemente considerables de diferentes especies de organismos sin disminución apreciable del rendimiento (Metcalf y Luckman, 1991).

1.10.1. Nematodos

Algunas cuantas especies de nematodos entomopatógenos han sido reportadas infectando especies de *Liriomyza*, entre ellos se incluyen a *Heterorhabditis heliothidis*, *H. megidis*, *Heterorhabditis* sp. (Heterorhabditidae); *Steinernema carpocapsae* (Weiser) y *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Steinernematidae).

Los nematodos entomopatógenos disponibles en el mercado, a menudo son criados *in vitro* sobre un insecto huésped que por lo común es *Galleria melonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) y las etapas infectivas del nematodo posteriormente son

asperjadas sobre las plantas infestadas con el minador de la hoja (LeBeck *et al.*, 1993).

1.10.2. Hongos entomopatógenos

En la literatura se han reportado diversos hongos para el control de insectos plaga, tales como, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize), *Paecilomyces lilacinus* Vaginitis, *Metarhizium anisopliae* (Metsch) y *Verticillium lecanii* (Zimm) Viegas. La mayor parte de ellos están disponibles en el mercado para el control de numerosos insectos plaga en la agricultura, entre ellos minadores de la hoja, pero diversos estudios sugieren que estos organismos no poseen una efectividad constante sobre las plagas (Yano, 2004; Liu *et al.*, 2009).

1.10.3. Depredadores

Aunque se han reportado varias especies de depredadores de *Liriomyza* sp., éstos no se consideran importantes agentes de control biológico (Chow y Heinz, 2006; Liu *et al.*, 2009). Los depredadores más comunes, son: *Cyrtopeltis modestus* (Dist), *Dicyphus cerastii* Wagner, *Dicyphus tamaninii* Wagner y *Macrolophus caliginosus* Wagner (Hemiptera: Miridae). Tanto ninfas y adultos se alimentan de larvas y pupas de minadores de la hoja. También se señalan a la hormiga ponerine (Hymenoptera: Formicidae) atacando larvas de *L. trifolii*., mientras que *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae) se ha registrado como depredador de especies de *Liriomyza* en invernadero (Liu *et al.*, 2009), en la literatura también se encuentra al trips depredador *Frankliniella vespiformis* (Crawford) asociado a *L. trifolii* en Israel (Freidberg y Gijswijt, 1983; Liu *et al.*, 2009).

1.10.4. Parasitoides

Las extensas investigaciones a nivel mundial, reportan más de 140 especies de parasitoides asociados a *Liriomyza* sp. (Liu *et al.*, 2009). Noyes (2004) enlista a más de 300 especies de parasitoides que controlan insectos de la familia Agromyzidae y 80 especies de estos parasitoides se conoce que atacan a *Liriomyza* sp., mientras que La Salle y Parrella (1991) registran 23 especies de parasitoides de *Liriomyza* en la región neártica, y al menos 14 de ellas se encuentran de manera natural en Florida EEUU. En varios países de Sudamérica se tienen registradas 72 especies de parasitoides asociados al género *Liriomyza* sp. (Vega, 2003). Murphy y La Salle (1999), señalan que en el orden Hymenoptera se encuentran las especies de parasitoides de minadores de la hoja y a la superfamilia Chalcidoidea pertenecen la mayoría de los géneros de parasitoides que se han encontrado asociados a Agromyzidae, aunque también un número considerable esta dentro de la superfamilia Ichneumonoidea y en menor proporción existen géneros en la superfamilia cynipoidea. (Cuadro 1).

Cuadro 1-. Géneros de Himenópteros parasitoides asociados a minadores de la hoja (Agromyzidae). (Murphy y La Salle, 1999).

SUPERFAMILIA CHALCIDOIDEA

FAMILIA EULOPHIDAE

Subfamilia Entedoninae: *Apleurotropis*, *Asecodes*, *Chrysocharis*, *Closterocerus*, *Neochrysocharis*, *Pediobius*, *Pleurotroppopsi*, *Proacrias*.

Subfamilia Eulophinae: *Cirrospilus*, *Danuviella*, *Diaulinopsis*, *Hemiptarsenus*, *Diglyphus*, *Meruana*, *Pnigalio*, *Sympiesis*, *Zagrammosoma*.

Subfamilia Tetrastichinae: *Aprostocetus*, *Baryscapus*, *Minotetrastichus*,

Pronotalia, Quadrastichus.

FAMILIA PTEROMALIDAE

Subfamilia Ceinae: *Cea*

Subfamilia Herbertiinae: *Herbertia*

Subfamilia Miscogasterinae: *Ceratetra, Glyphognathus, Halticoptera, Mauleus, Heteroschema, Lamprotatus, Merismus, Miscogaster, Schimitschekia, Seladerma, Sphaeripalpus, Stictomischus, Thinodytes.*

Subfamilia Pteromalinae: *Callitula, Cyrtogaster, Oxyharma, Sphegigaster, Stenomalina, Syntomopus, Toxeomorpha, Trichomalopsis, Trichomalus, Trigonogastrella.*

FAMILIA TETRACAMPIDAE

Subfamilia Platynochellinae: *Platynochellus*

Subfamilia Tetracampinae: *Epiclerus, Tetracampe.*

SUPERFAMILIA ICHNEUMONOIDEA

FAMILIA BRACONIDAE

Subfamilia Alysiinae: *Dapsilarthra, Epimicta, Oenonogastra, Symphanes, Pseudopezomachus, Chorebus, Coloneura, Dacnusa, Exotela, Grandia, Laotris, Protodacnusa, Symphyia.*

Subfamilia Hormiinae: *Colastes*

Subfamilia Opiinae: *Bitomus, Eurytenes, Opius.*

SUPERFAMILIA CYNIPOIDEA

FAMILIA EUCOILIDAE / FIGITIDAE

Agrostocynips, Disorygma, Ganaspidium, Gronotoma, Kleidotoma, Microstilba, Nordlanderia, Nordlandiella, Tobiasiana, Zaeucoila.

En México, se han reportado algunos parasitoides asociados a agromicidos. Palacios y Bautista (2004) reportan a los endoparasitoides *Thinodytes petiolatus* Heydon (Pteromalidae), *Bracon* sp. (Braconidae) y *Gronotoma melanagromyzae* Breadsley, atacando al agromicido *Melanagromyza tomaterae* Steyskal. o “arrocillo” en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. También Palacios *et al.*, (2008) reportan a *Opius* sp. (Braconidae) controlando a *L. trifolii* en el cultivo de chile en Altamira, Tamaulipas.

En Sinaloa, se reportó a *Opius dimidiatus* (Ashmead) (Braconidae), *Chrysocharis parksi* Crawford (Eulophidae), y a las especies de la familia Eucolidae *Ganaspidium utilis* Beardsley y *Disorigma pacifica* (Yoshimoto), atacando minadores de la hoja en tomate (Alvarado y Trumble, 1999). Mientras que Cortez *et al.*, (2006) reportaron a los eulofidos *Chrysocharis* sp., *Neochrysocharis* sp. y *Closterocerus* sp., asociados a agromicidos en el cultivo de canola *Brassica napus* L., como se puede observar, a las familias Eulophidae, Braconidae y Figitidae, pertenecen un gran número de parasitoides asociados a minadores de la hoja a nivel mundial.

1.10.4.1. Generalidades de la Familia Eulophidae

Es una familia relativamente grande en número de géneros y especies, con más de 3,400 especies en 280 géneros y arriba de 600 especies en 110 géneros en la región neártica, los Eulofidos son abundantes y quizá los chalcidoideos por lo común más colectados en todas las regiones biogeográficas, muchas de las cuales han sido reportadas como parasitoides de plagas de los cultivos. Debido a la amplia

gama de hospederos y diversidad de hábitos, se ha dividido en cuatro subfamilias, tales como, eulophinae, tetrastichinae, entedoninae y elachertinae (Clausen, 1940; Gibson *et al.*, 1997). En Norteamérica se han descrito más de 500 especies, su biología es muy variada pero en general la gran mayoría parasita huevos o larvas de sus huéspedes. Los miembros de Eulophidae, son reconocidos por poseer 4 segmentos tarsales cortos, flagelo por lo común con 2-4 segmentos funiculares, la vena marginal relativamente larga, cuerpo pequeño a moderadamente largo (0.4-6.0 mm), muchos son de colores metálicos brillantes (Borror *et al.*, 1989; Gibson *et al.*, 1997).

1.10.4.2. Especies de Eulophidae parasitoides de Agromyzidae

En la provincia de Ankara, Turquía, se ha colectado a *Diglyphus isease* (Walker), *Neochrysocharis arvensis* Graham y *Neochrysocharis formosa* (Westwood) controlando poblaciones de *L. trifolii* y *Chromatomyia hortícola* (Goureau), y al parasitoide *Hemiptarsenus* sp. en *L. trifolii* (Gençer ,2004); Así también se encontró en Victoria, Australia a *Closterocerus mirabilis* Edwards & La Salle, parasitando a *L. chenopodii* (Watt) (Edwards y La Salle, 2004); En Varamin, Iran, se identificaron a *Cirrospilus vittatus* Walker, *Hemiptarsenus zilahisebessi* Erdös, *Closterocerus formosus* Westwood, *Diglyphus crassinervis* Erdös y *Pnigalio* sp. atacando a *L. sativae* y *L. trifolii* en hojas de melón *C. sativus*, (Asadi *et al.*, 2006), Mientras que en Australia se han reportado a *Hemiptarsenus varicornis* (Girault), *C. mirabilis* , *Asecodes* sp., en hojas de *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae) infestadas por los agromícidos *Cerodontha milleri* Spencer, *Cerodontha robusta* Malloch, *Cerodontha triplicata* Spencer, *Liriomyza* sp., *Phytoliriomyza tricolor* (Malloch) y *Phytomyza vitalbae* Kaltenbach. En México,

(Palacios *et al.*, 2008) reportan a *Diglyphus* sp. parasitando a *L. sabaziae* Spencer, en plantas de *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pavón (Asteraceae). Mientras que en Sinaloa (Alvarado y Trumble ,1999) encontraron a *C. parksi* asociada a minadores en el cultivo de tomate *L. esculentum* y *Chrysocharis* sp., *Neochrysocharis* sp., así como *Closterocerus* sp. fueron encontrados parasitando agromícidos en canola *B. nappus* en la región (Cortez *et al.*, 2004).

1.10.4.3. Generalidades de la Familia Braconidae

Esta familia es una de las más numerosas de Hymenoptera, con más de 40,000 especies de insectos parasitoides y solo en Norteamérica con alrededor de 1900 especies, incluye a un gran número que son muy efectivos para ejercer un buen control sobre plagas en los cultivos, los braconidos varían principalmente en la longitud del cuerpo, habiendo algunos hasta de 30 mm hasta menos de 1 mm estos datos no incluyen el ovipositor que puede ser igual o mas largo que el cuerpo en algunas especies (Warthon *et al.*, 1997). En el neártico rara vez pasan los 15 mm de largo, el hábito hiperparasitico es poco desarrollado, de hecho su ocurrencia es rara, tienen una distribución mundial y es muy diversa (Clausen, 1940; Borror *et al.*, 1989).

1.10.4.4. Especies de Braconidae parasitoides de Agromyzidae

En Rio Grande valle de Texas y en otras partes de Estados Unidos, se ha documentado la presencia de *Opius* sp., atacando larvas de *Liriomyza* sp., adulto que emerge en estado de pupa, en un estudio desarrollado en la primavera de 1980 y continuado en 1982, en chile bell *C. annuum*, se encontraron 8 especies de parasitoides atacando minador de la hoja, de las cuales *Opius* sp. fue la mas

numerosa (Chandler, 1984). En Florida Estados Unidos, se hizo un estudio en otoño de 1980 y primavera de 1981, para conocer los parasitoides de minadores de la hoja en tomate *L. esculentum*, sin aplicación de insecticidas, los resultados demuestran la presencia de 4 especies de Braconidae, *Opius dissitus* (Muesebeck), *Opius bruneipes* Gahan, *Opius dimidiatus* (Ashmead), y una especie de *Opius* no identificada (Schuster y Wharton, 1993). Desde el sur de Tailandia se ha reportado la presencia de *O. dissitus* atacando especies de *Liriomyza* sp., mientras que en China sobre hojas de frijol *P. vulgaris*, se ha encontrado a *Opius caricivora* Fischer, controlando a *L. sativae* (Xu et al., 2007), en Australia se reporta también a *Opius* sp., atacando a *Chromatomyia syngenesiae* Hardy y *Liriomyza* sp., en plantas de *S. oleraceus* L. (Asteraceae) (Lambkin et al., 2008). En México, son pocos los estudios para conocer los parasitoides de la familia Braconidae que están asociados a minadores agromicidos, (Palacios et al., 2008) reportan a *Opius* sp. parasitando a *Amauromyza abnormalis* (Malloch) o barrenador del tallo del amaranto *Amaranthus hypocondriacus* L. (Amarantaceae) y a *L. trifolii* en plantas de chile *C. annuum* en Estación Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas. Mientras que (Alvarado y Trumble, 1999) encontraron a *O. dimidiatus* controlando minadores de la hoja en tomate *L. esculentum* en Sinaloa.

1.10.4.5. Generalidades de la familia Figitidae

Es una familia de avispas diminutas, con una distribución mundial. Hay actualmente alrededor de 1,400 especies descritas en 126 géneros aunque muchas más indudablemente esperan ser descubiertas. En contraste con la mayor parte de cynipoideos, que son fitófagos e inducen agallas en sus huéspedes, estos insectos son parasitoides, las larvas se alimentan internamente sobre las larvas de otros

insectos. Las especies de díptera son sus huéspedes más comunes, aunque algunos neuropteros e himenopteros también son atacados por estos parasitoides (Díaz y Gallardo, 2002).

1.10.4.6. Especies de Figitidae parasitoides de Agromyzidae.

Breadsley (1988) presenta las claves taxonómicas y descripciones de los figitidos asociados a minadores de la hoja agromícidos en Hawaii, son cuatro géneros de tales figitidos representados: *Gronotoma* Föster con tres especies, *G. adachiae* Beardsley, *G. micromorpha* (Perkins) y *G. melanagromyzae* Beardsley; *Ganaspidium* Weld con una especie, *G. utilis* Beardsley, mientras que el género *Disorygma* estuvo representado por la especie *D. pacifica* (Yoshimoto), por último se registró el género *Weldia* Yoshimoto. Se reportó la diagnosis e ilustraciones de un nuevo género en la familia Figitidae, *Moritiella* Buffington y dos especies nuevas pertenecientes al mismo, estas son *M. elegans* Buffington y *M. astrudae* Buffington, la biología de estas especies es desconocida, su distribución es en la región neotropical (Colombia, Brasil, Dominicana, Ecuador y Venezuela) (Buffington, 2006). En México, se registró una nueva especie neotropical de *Anagaspis* asociada a moscas de la fruta del género *Rhagoletis* sp. (Diptera: Tephritidae) en arboles de nueces, la especie se determinó como *A. alujai* Wharton & Ovruski. Así también (Palacios y Bautista, 2004) reportan a *Gronotoma melanagromyzae* Beardsley atacando al arrocillo del tomate de cáscara *Melanagromyza tomatrae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae). Mientras que en área de estudio se reportan a *G. utilis* Beardsley y *D. pacifica* (Yoshimoto), parasitando minadores en tomate *L. esculentum* (Alvarado y Trumble, 1999).

El apartado más completo sobre miembros de la superfamilia Cynipoidea reportados en México, publicado por Díaz y Gallardo (2002), reportan al género *Gronotoma* con sólo una especie *G. gracilicornis*, lo que indica que el conocimiento de la superfamilia Cynipoidea en nuestro país es escaso (Palacios y Bautista, 2004).

1.11. Comentarios

Los minadores de la hoja *Liriomyza* sp., en las últimas décadas se han diseminado desde su centro de origen, a muchos países del mundo, a pesar de que su estatus como plaga ha sido catalogado como secundario, en los últimos años la presencia y daño que ocasiona en cultivos hortícolas y de ornato ha aumentado, al grado que se tiene que realizar aplicaciones de insecticidas para su control. La aplicación de productos químicos no específicos para el manejo de la plaga, tienen poco efecto sobre sus poblaciones, pero desafortunadamente al aplicarlos se elimina una gran cantidad de enemigos naturales como parasitoides que de manera normal regulan las poblaciones de minadores de la hoja. Con un buen manejo de la plaga y evitando aplicar productos químicos de amplio espectro, estaremos promoviendo el control biológico por conservación que es muy efectivo en la regulación de poblaciones de minadores Agromícidos.

En los siguientes capítulos de éste trabajo se darán a conocer los resultados obtenidos sobre la identidad del minador de la hoja que ataca al cultivo de chile jalapeño en tres municipios del norte de Sinaloa, así como su fluctuación poblacional a través del desarrollo del cultivo y el resultado de la búsqueda de parasitoides nativos asociados al minador de la hoja.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICACIÓN Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL MINADOR DE LA HOJA EN CHILE JALAPEÑO EN EL NORTE DE SINALOA

2.1. Resumen

El presente estudio se realizó con el propósito de identificar las especies de minadores de la hoja y su fluctuación poblacional manifestada en minas en foliolos y adultos capturados, en el cultivo de chile jalapeño en tres municipios del norte de Sinaloa. Se desarrollaron veintinueve muestreos semanales de octubre de 2008 a abril de 2009. Se contabilizaron minas en foliolos aplicando la técnica de Jones y Parrella (1986). La fluctuación de adultos se determinó con trampas de impacto color amarillo fluorescente a dos alturas: una trampa de altura variable de acuerdo a la altura del cultivo y la otra trampa de altura fija a 1.70 m. Para la determinación taxonómica de *Liriomyza trifolli* (Burgess) se emplearon las claves y esquemas de Spencer (1963, 1973), Spencer y Stegmaier (1973), Spencer y Steyskal (1986); Spencer *et al.* (1992) y Palacios *et al.* (2008). Este agromícido presentó cantidades altas en el municipio de Guasave en comparación con Ahome y El Fuerte, aunque en los tres lotes las poblaciones más abundantes fueron en las etapas de floración y fructificación. Las trampas de altura variable (altura del cultivo) capturaron más adultos del minador de la hoja en los tres lotes, en comparación con trampas fijas a 1.70 m.

2.2. Introducción

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte de Sinaloa es atacado por varias plagas de insectos; recientemente los minadores de la hoja (Diptera: Agromyzidae) se han constituido como uno de los principales factores fitosanitarios que limitan la producción de este cultivo en la región, ya que con su daño, en ataques severos, llega a reducir el rendimiento y la calidad de la cosecha, sobre todo cuando se establecen desde las etapas tempranas del cultivo (Cortez 2008. Comunicación personal). Los agromícidos son considerados insectos difíciles de ubicar taxonómicamente, debido a su pequeño tamaño y uniformidad morfológica externa, pero además son especies estrechamente relacionadas y difíciles de separar, ya que inclusive puede encontrarse más de una especie en una misma planta (Spencer 1973). La familia Agromyzidae cuenta con más de 2,500 especies incluidas en 28 géneros, aunque probablemente el número de especies sea mayor a 3,500 a nivel mundial (Spencer, 1963). Más de 20 especies de *Liriomyza* han sido reportadas como de importancia económica, y de éstas, seis son polífagas (Liu *et al.*, 2009). En México, están reportadas 30 especies de Agromyzidae y destacan por su presencia y diversidad los géneros *Melanagromyza* y *Liriomyza* (Martínez y Étienne, 2002; Palacios *et al.*, 2008). Particularmente en Sinaloa, sólo se tienen reportes de agromícidos asociados con los cultivos de tomate y canola (Alvarado y Trumble, 1999; Cortez *et al.*, 2004), y se desconoce la identidad de las especies asociadas con el cultivo de chile, por lo que es necesario identificar y generar información al respecto.

En los últimos años, los agromícidos se han convertido en una de las plagas principales del cultivo de chile en el norte de Sinaloa, por lo común se presentan en poblaciones elevadas y provocan defoliación severa de las plantas en todo el lote,

lo cual también ha sido documentado en otras regiones del país (Pacheco, 1985; Bautista, 2006). A pesar de la importancia que ha adquirido esta plaga, se carece de estudios sobre su fluctuación poblacional. Trabajos de este tipo son importantes porque ayudan a implementar técnicas de manejo oportunas y adecuadas (Barrios *et al.*, 2004). Schuster y Wharton (1993) observaron que en la región oeste-central de Florida EEUU, las poblaciones de minadores se incrementaron desde el inicio del desarrollo y floración en tomate fresco, lo cual atribuyeron a la aplicación de insecticidas de amplio espectro para el control de otras plagas y la consecuente eliminación de enemigos naturales.

El conocimiento de la composición de especies insectiles, técnicas de monitoreo y fluctuación poblacional durante el tiempo en que el cultivo está en pie, es fundamental para planear medidas oportunas de manejo que controlen las plagas y para reducir las pérdidas económicas. A pesar de la importancia creciente que tienen los agromícidos como plaga en el cultivo de chile en Sinaloa, no se cuenta con información exacta sobre las especies de minadores de la hoja asociados al cultivo, ni de su fluctuación poblacional; por lo tanto los objetivos del presente trabajo fueron: identificar las especies de minadores de la hoja asociados con el cultivo de chile jalapeño, conocer su fluctuación poblacional a través del desarrollo del cultivo y determinar la mejor altura de trampas de impacto para la captura de adultos de minador.

2.3. Materiales y métodos

2.3.1. Ubicación de lotes de estudio

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno (septiembre de 2008 a abril de

2009) en tres municipios del norte de Sinaloa. La primera parcela experimental se estableció en el Campo Experimental Valle del Fuerte del INIFAP (CEVAF), ejido Las Vacas (Juan José Ríos), en el municipio de Guasave (25°45'36'' N; 108°48'41'' O; 14 msnm); la segunda parcela se estableció en el ejido Flor Azul, municipio de Ahome, (25°52'16'' N; 109°00'48'' O; 16 msnm); y la tercera en una parcela escolar del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 81 (CBTa 81), en el ejido "2 de Abril", municipio de El Fuerte (25°54'23'' N y 108°56'13'' O; 18 msnm). Las coordenadas y altitud fueron obtenidas con un sistema portátil GPS marca *etrex* Legend GARMIN®, de fabricación Taiwanesa. Cada parcela experimental constó de 625 m² con chile jalapeño, variedad "Grande". Todas las parcelas fueron establecidas la segunda quincena de septiembre de 2008 con una densidad de siembra de 55 mil plantas por hectárea. Se realizó fertilización previa al trasplante utilizando 480 kg por hectárea de la mezcla NPK (3:1:1); posteriormente se aplicó fertilización foliar cada 20 días utilizando el producto Bayfolan sólido®. El primer riego de auxilio se realizó 10 días después del trasplante; posteriormente se realizaron riegos cada 20 días. El manejo agronómico fue el mismo que llevan a cabo los productores de la región, pero sin realizar aspersiones de insecticidas, con el propósito de que el minador de la hoja se presentara en forma natural.

2.3.2. Especies de minadores de la hoja asociados con el cultivo de chile jalapeño en el norte de Sinaloa

Para determinar las especies de minadores asociadas al chile jalapeño y conocer el grado de infestación del cultivo, se realizaron muestreos a intervalos semanales en el cultivo, de acuerdo con la técnica conocida como "cinco de oros".

En cada sitio de muestreo, se seleccionaron 10 plantas y se procedió de acuerdo con la técnica propuesta por Jones y Parrella (1986), en la cual se toman cinco folíolos al azar a ambos lados de plantas pequeñas, menores de 30 cm. En plantas con una altura entre 30-50 cm se subdividió cada planta en dos estratos y se tomaron cinco folíolos del estrato basal y cinco del apical; cuando el cultivo superó los 50 cm de altura, se realizó un muestreo estratificado en tres niveles, tomando tres folíolos del estrato basal, tres del medio y cuatro del apical. De esta forma, cada muestreo consistió en recolectar diez folíolos por planta, sumando un total de 100 folíolos por sitio de muestreo y 500 por parcela.

Para la identificación de especies de minador de la hoja, se seleccionaron semanalmente 10 folíolos con presencia evidente de larvas de minador, en los mismos cinco sitios de cada parcela experimental (dos en cada sitio de muestreo) y se introdujeron en bolsas Ziploc®; enseguida, se llevaron al laboratorio de Entomología Agrícola de la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (ESAVF). Las muestras se transfirieron a vasos de plástico desechables de 4.5 cm de altura con tapa. Las tapas se perforaron y se les colocó tela de polipropileno (Agribon® 17), con el fin de que tuvieran ventilación y no entrara ni escapara ningún organismo. En el fondo del recipiente se colocó algodón húmedo, para evitar la deshidratación de los insectos. En esas condiciones se mantuvieron hasta la emergencia de los adultos, los cuales, posteriormente se colocaron en tubos Eppendorf de 1.5 mL, con alcohol 70%, se etiquetaron y se llevaron al laboratorio de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados para su preparación e identificación.

Tradicionalmente la identificación de las especies de *Liriomyza* se realiza considerando las estructuras de los genitales de los machos y la quetotaxia de la

cabeza, por lo que se procedió a realizar montajes de estas estructuras, así como de tórax y abdomen de los insectos colectados. Para la preparación de los genitales se siguió la metodología propuesta por Palacios *et al.*, (2008), los especímenes machos se maceraron en hidróxido de potasio al 10% a 80°C durante diez minutos, después se lavaron y se conservaron en alcohol al 70%. Las preparaciones de edeago y bomba eyaculadora se montaron temporalmente sobre una gota de gel transparente para cabello mezclada con una gota de glicerina. El resto de las muestras se deshidrataron gradualmente y se secaron por el método del punto crítico (Bozzola y Russell, 1992). El estudio y fotografías se hicieron con un microscopio Tessoar y con un Fotomicroscopio III, ambos de Carl Zeiss®, con una cámara digital para microscopía PaxCam3®. Otros ejemplares se observaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL® JSM-6390, para estudiar la quetotaxia de la cabeza, el mecanismo estridulador del abdomen y los fémures posteriores.

Los especímenes adultos de minador de la hoja se identificaron usando las claves y esquemas de los genitales del macho publicados por Spencer (1963, 1973), Spencer y Stegmaier (1973), Spencer y Steyskal (1986), Spencer *et al.*, (1992) y Palacios *et al.* (2008). Los resultados de las identificaciones fueron corroborados por el Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres de la Dirección de Protección Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Ejemplares de resguardo del material entomológico obtenido y analizado en este estudio, se encuentran depositados en las colecciones entomológicas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, y de la ESAVF en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa.

2.3.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja

La fluctuación poblacional del minador de la hoja fue determinada realizando muestreos de minas hechas por inmaduros en foliolos como fue descrito en el apartado anterior, y para los adultos se realizaron muestreos semanales, utilizando como unidad muestral cinco trampas de impacto por parcela. Cada trampa consistía en dos cilindros de cartulina amarilla fluorescente de 15 cm de altura por 20 de perímetro, soportados en maderos de 2.5 X 2.5 cm y 1.70 m de altura (Figura 4). La cara externa de los cilindros se cubrió con pegamento entomológico Spider Tac[®] diluido con adelgazador de pinturas, el área de captura fue de 300 cm² por trampa considerando solo el lado externo con adhesivo. Este tipo de trampas son usadas por Sanidad Vegetal en el estado de Sinaloa para el monitoreo de diversas plagas, entre ellas minadores (CESAVESIN, 2008). En las trampas ubicadas verticalmente, el cilindro superior estuvo fijo a una altura de 1.70 m, mientras que el inferior se iba elevando para que siempre estuviera a la altura de la copa de la planta. Las evaluaciones se hicieron semanales para estimar el número promedio de minadores por trampa por semana. Se colocaron cinco trampas en cada esquina y centro de los lotes experimentales. Cada semana se retiraban y se reponían las trampas, mismas que eran llevadas al laboratorio de la ESAVF para contabilizar y registrar los adultos de Agromyzidae capturados. Algunos organismos capturados se separaban de la trampa introduciendo la superficie de captura en adelgazador para pinturas. Las muestras etiquetadas se colocaban en tubos Eppendorf de 1.5 mL. Los datos de abundancia semanal de inmaduros y adultos del minador de la hoja en cada uno de los tres lotes fue comparada mediante ANOVA, considerando como variable dependiente el número de minas por muestra o el número de adultos por trampa en cada muestreo, y como variable independiente o factor la localidad.

Así mismo, se realizaron pruebas de “t” para comparar la eficiencia de captura entre las trampas de altura fija contra las de altura variable. En todos los casos se utilizó el programa Analytical Software (2003), utilizando un valor de significancia de 0.05.

2.4. Resultados

2.4.1. Condiciones climáticas en la zona de estudio

En el municipio de Guasave, durante la fecha uno (1-oct-2008) se presentó la máxima temperatura en el periodo de estudio, la cual fue de 34.3°C; el promedio de la temperatura máxima en todo el periodo fue 28.1°C. Con relación a los registros de temperatura mínima, en la fecha 16 (14-ene-2009) se obtuvo el registro más bajo, 5.6 °C, con un promedio de temperatura mínima de 12.9°C en el ciclo. La precipitación acumulada fue de 63.2 mm; en la fecha diez (3-dic-2008) se presentaron los máximos registros de lluvia con 23.4 mm y los días que registraron lluvias apreciables fueron veintidós en total (Figura 1A). En el municipio de Ahome, de igual manera la máxima temperatura se presentó en la fecha uno (1-oct-2008), con 37.3°C y el promedio de temperatura máxima en todo el periodo fue 29.1°C. Respecto a la temperatura mínima, en la fecha veinte (11-feb-2009) fue registrada la más baja con 5.6°C y una temperatura mínima promedio de 11.4°C. La precipitación acumulada en todo el periodo fue de 101.2 mm; la máxima precipitación se registró en la fecha tres (15-oct-2008) con 91.96 mm en una semana, con cuatro días de lluvia apreciable en todo el periodo (Figura 1B). En el municipio de El Fuerte, el máximo registro de temperatura se presentó en la fecha cuatro (22-oct-2008) con 36.6°C, con una temperatura máxima promedio de 29.4°C. La precipitación acumulada fue de 53.4 mm; en la fecha tres (15-oct-2008) se

registró la máxima precipitación con 40.4 mm en la semana, y en total se reportaron cinco días con lluvia apreciable (Figura 1C).

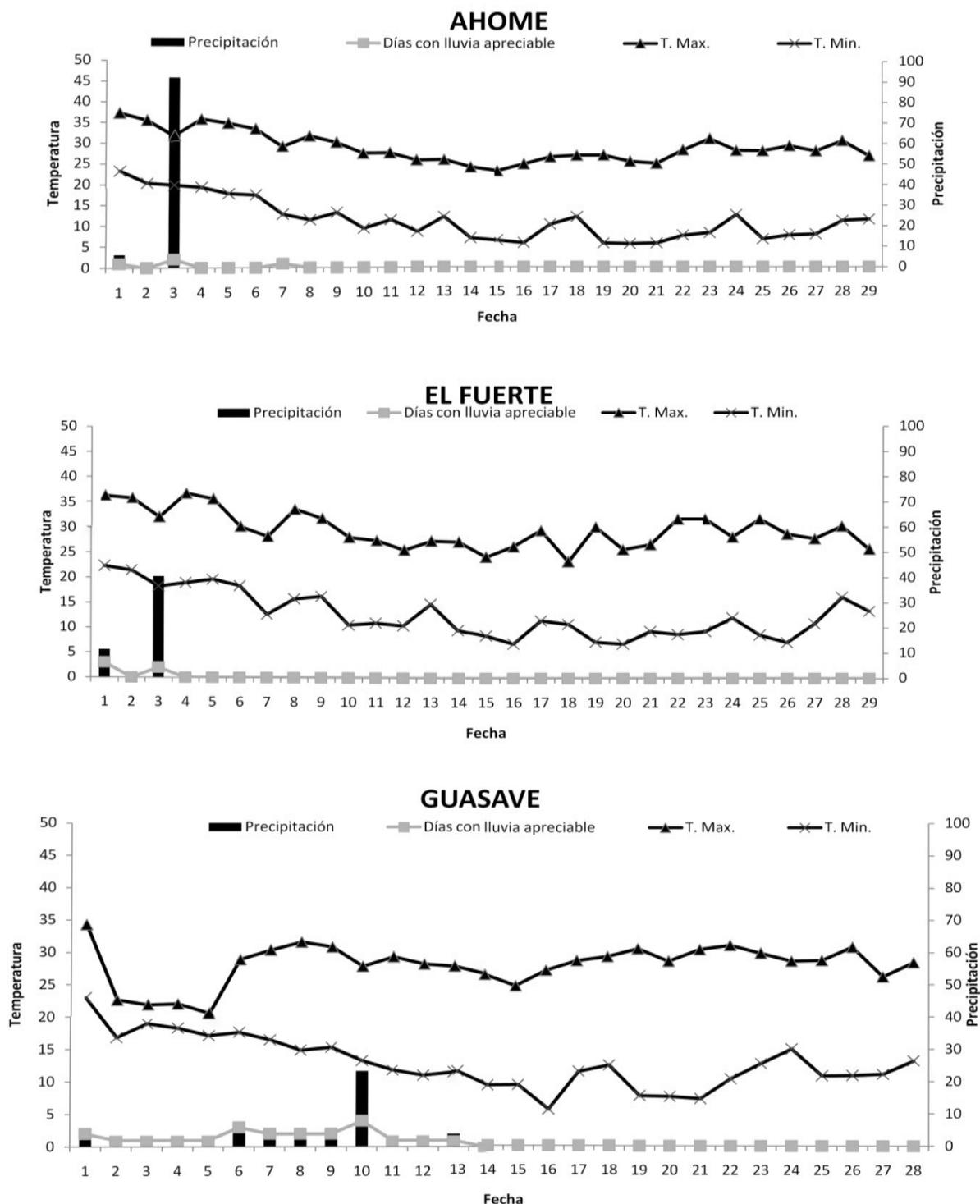


Figura 1. Datos climáticos en los municipios de Ahome, El Fuerte y Guasave.

2.4.2. Identificación del minador de la hoja

Todos los ejemplares machos recolectados y analizados en este estudio se identificaron como *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Con la finalidad de facilitar la identificación de *L. trifolii* por no expertos, se presenta una diagnosis con ilustraciones que permiten la identificación inequívoca de esta especie: Cabeza. La frente y órbitas ocelares completamente amarillas, con dos pares de cerdas fronto-orbitales superiores, así como dos pares de cerdas fronto-orbitales inferiores. Las cerdas verticales emergen sobre una cutícula color amarillo. La antena presenta todos sus segmentos amarillos. En ambos sexos los ojos son glabros. El mesonoto con 3+1 pares de cerdas dorsocentrales; también se observan cuatro hileras de sedas. En las alas (Figura 2A), la vena costa se extiende hasta la M_{1+2} en ambos sexos. En vista lateral, el distifalo del edeago presenta cutícula clara, con bandas esclerosadas en sus bordes superior e inferior, y en su extremo presenta una abertura amplia (Figura 2B). El distifalo del edeago en vista ventral muestra una gran constricción en la región media y una hendidura longitudinal (Figura 2C). La bomba eyaculadora tiene un tallo delgado que se ensancha hacia su región distal, sin rebasar el diámetro del bulbo (Figura 2D).

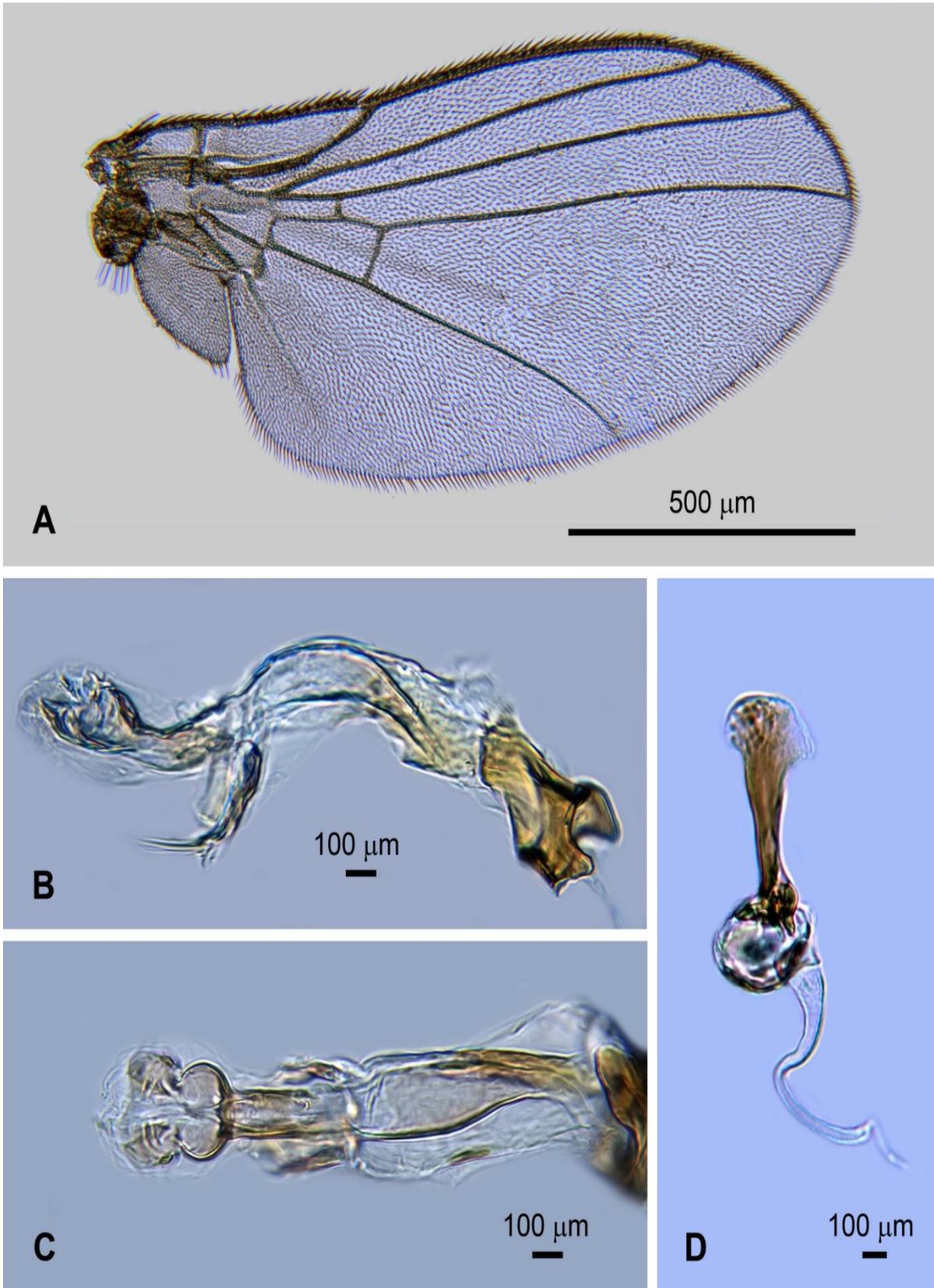


Figura 2. *Liriomyza trifolii*. A) Ala derecha, B) Vista lateral de edeago, C) Vista ventral de edeago, D) Vista lateral de bomba eyaculadora.

2.4.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja

De las muestras recolectadas, se obtuvieron un total de 339 adultos del minador de la hoja; 42% fueron del municipio de Guasave (85 ♀ y 56 ♂); 22% se colectaron en el municipio de Ahome (47 ♀ y 29 ♂), y el restante 36% en el municipio de El Fuerte (63 ♀ y 59 ♂). La proporción de sexos promedio fue de 1.4 hembras por cada macho; sin embargo, en el municipio de El Fuerte fue de casi un macho por cada hembra. La fluctuación poblacional de *L. trifolii* en los tres lotes de estudio tuvo un comportamiento similar; se presentaron las primeras infestaciones a partir de la fecha dos (8-oct-2008). Desde la fecha cinco (29-oct-2008) las poblaciones de minador de la hoja, manifestadas por minas en folíolos, tuvieron un fuerte incremento que coincidió con las etapas de floración y fructificación. Los máximos poblacionales se presentaron entre la segunda quincena de diciembre y la primera quincena de febrero, y disminuyeron a partir de la segunda quincena de febrero. Las poblaciones decrecieron drásticamente en los tres lotes a partir de marzo, coincidiendo con la etapa de senescencia del cultivo. La fluctuación poblacional del minador de la hoja en los lotes de Ahome y El Fuerte fueron estadísticamente similares ($P>0.05$), mientras que en el lote de Guasave las poblaciones fueron más elevadas durante todo el estudio. Entre los meses de noviembre y diciembre, que corresponde a los periodos de crecimiento vegetativo y floración, las diferencias fueron muy marcadas entre las poblaciones de Guasave y las otras dos localidades, incluso estas diferencias llegaron a ser más del doble. Durante el periodo de fructificación las diferencias ya no fueron tan marcadas, pero continuaron siendo mayores las poblaciones en Guasave. Nuevamente al final del cultivo, durante la etapa de senescencia, las diferencias volvieron a ser notorias y estadísticamente significativas, en el mismo sentido (Figura 3).

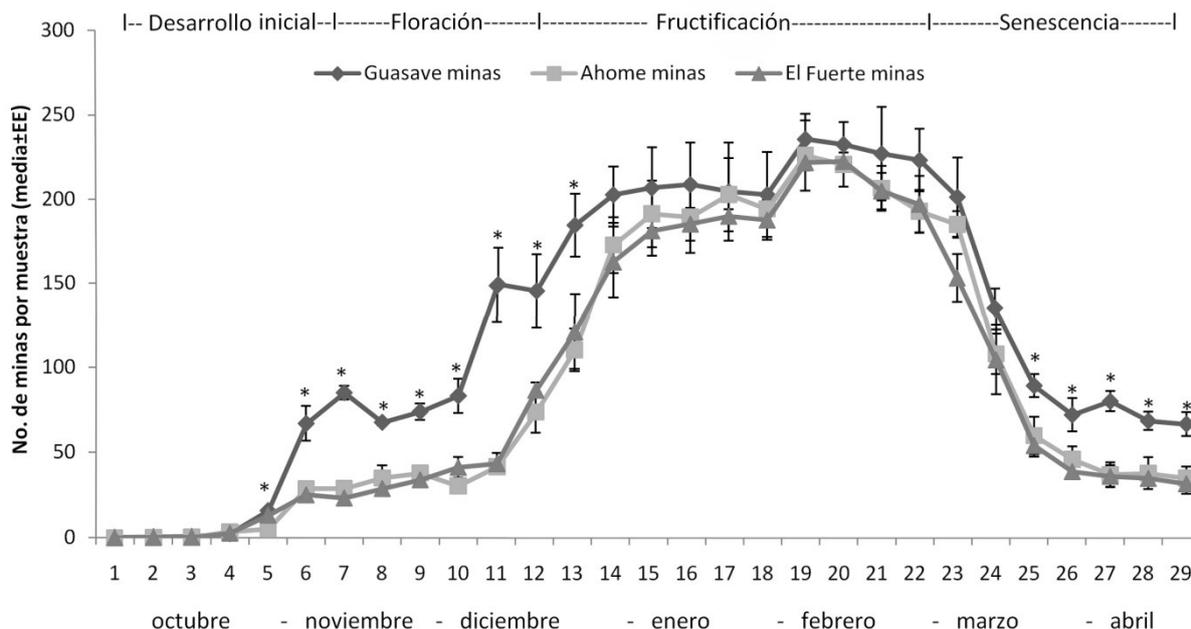


Figura 3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja manifestado en minas en folíolos, en tres municipios del norte de Sinaloa. Los asteriscos señalan cuando hay diferencias significativas en las poblaciones de minadores entre las tres localidades para cada fecha. Cada muestra consistió de 100 folíolos.

2.4.4. Comparación de la captura de adultos de minador de la hoja en trampas de impacto a diferente altura

La fluctuación de captura de adultos de minador de la hoja fue similar en los tres lotes de estudio al inicio de las evaluaciones, sin diferencias significativas entre las trampas de altura fija en relación a las de altura variable, posiblemente debido a la reducida población del insecto. Sin embargo, al incrementarse las poblaciones de minadores, las diferencias fueron estadísticamente más marcadas, con mayores capturas en las trampas de altura variable, a partir del segundo mes (noviembre) y hasta el final del periodo de estudio en abril ($P < 0.05$). Considerando el número de capturas, las trampas de altura variable fueron más eficientes en algunas fechas de muestreo y llegaron a capturar más de seis veces la cantidad de especímenes que las trampas de altura fija (Figura 4). Cabe señalar que la captura de adultos no

refleja la misma fluctuación poblacional de adultos del minador en los dos tipos de trampas. En Guasave, por ejemplo, las trampas de altura variable registraron tres picos poblacionales entre los meses de diciembre y febrero, mientras que en las de altura fija pareciera que las poblaciones se estabilizaron entre 5 y 10 adultos por trampa.

En el municipio de Guasave, las máximas capturas en trampas de altura variable se presentaron en la fecha catorce (31-dic-2008) con un total de 473 individuos, con promedio de 94.6 adultos/trampa/semana. En el municipio de Ahome se registraron las máximas capturas en la fecha veintiuno (18-feb-2009) con un total de 152 individuos, con promedio de 30.4 adultos/trampa/semana. En el municipio de El Fuerte los registros de captura muestran que la fecha dieciocho (28-ene-2009) fue la captura más alta con 215 individuos registrados, con promedio de 43 adultos/trampa/semana. Con relación a las trampas de altura fija, en el municipio de Guasave se presentaron los máximos registros de captura, en la fecha catorce (31-dic-2008) con 92 individuos y un promedio de 18.4 adultos/trampa/semana, seguido por el municipio de El Fuerte, en el cual los máximos registros de captura se presentaron en la fecha dieciocho (28-ene-2009), con 105 individuos y un promedio de 18.6 adultos/trampa/semana. Por último, en el municipio de Ahome, se registraron las máximas capturas en la fecha nueve (26-nov-2008) con un total de 68 individuos, con promedio de 13.6 adultos/trampa/semana.

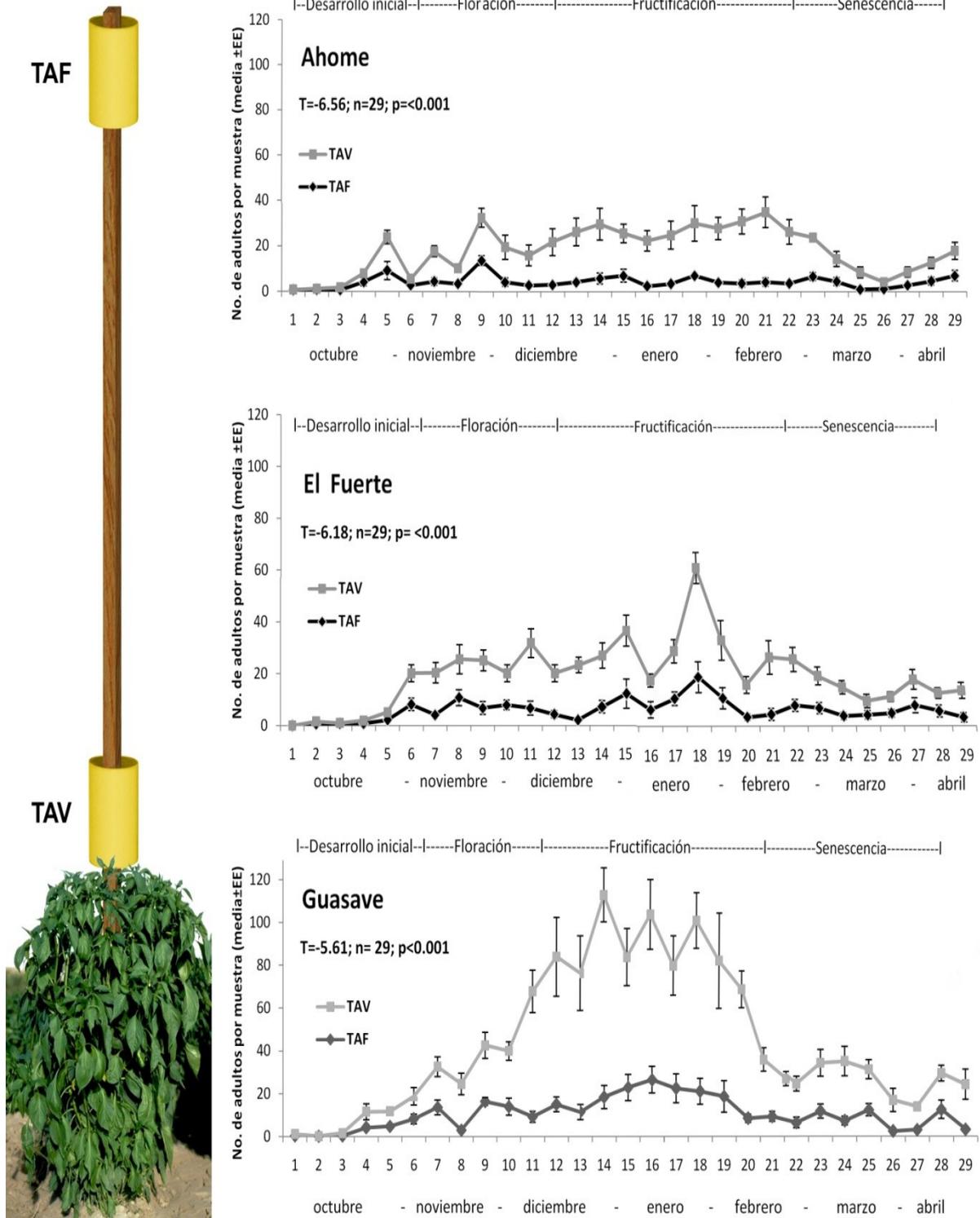


Figura 4. Comparación de la captura de adultos, del 1-oct-2008 al 15-abr-2009, en trampas de altura fija (TAF) a 1.70 m y trampas de altura variable (TAV), de acuerdo a la altura del cultivo.

2.5. Discusión

2.5.1. Condiciones climáticas en la zona de estudio

En el estado de Sinaloa se presenta una temperatura media anual de 25°C con máximas de 43°C en los meses de agosto a septiembre y mínimas de 2°C en enero. La precipitación media anual es de 352 mm y la mayor parte se registra en los meses de julio a septiembre. Comúnmente se presentan ciclones de septiembre a octubre, los cuales provocan grandes precipitaciones. El clima es cálido, seco estepario (tipo desértico) en el verano, mientras que en invierno es moderadamente frío en los meses de noviembre a enero y templado a partir de febrero (INEGI, 2001; Anónimo, 2003). La superficie cultivada bajo sistema de riego en el estado de Sinaloa son 831.585 ha (SAGARPA, 2006). En el DDR 001 Los Mochis, se establecen 344.898 ha de cultivos como maíz blanco con 50.000 ha, frijol 22.500 ha, papa 6.675 ha, así como cultivos de chile, tomate, tomatillo, garbanzo, mango, alfalfa y otros (SAGARPA, 2006). Los cultivos en el Valle del Fuerte, se establecen a partir del mes de septiembre, cumpliendo con una ventana fitosanitaria libre de cultivos hospederos preferidos por mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn) Biotipo "B" de junio a agosto de cada año (CESAVESIN, 2008).

El cultivo de chile en la zona de estudio se realiza después de la época de lluvias y durante el periodo de ejecución del presente estudio, sólo se presentaron lluvias aisladas y de poca intensidad, como sucede usualmente, pero se registraron diferencias importantes en la distribución e intensidad de las mismas. En el municipio de Ahome se presentó la mayor precipitación acumulada de 101.2 mm; mientras que en El Fuerte y Guasave fue menor a los 64 mm. Con relación al número de días con lluvia apreciable (es decir > 0.5 mm), en el municipio de

Guasave se presentaron 22 días mientras que en Ahome y El Fuerte sólo fueron cuatro y cinco, respectivamente. Un elemento importante a considerar es que tanto en Ahome como en El Fuerte la precipitación se presentó al inicio del cultivo con un máximo de 45 mm en una semana para el primero y de 40 para el segundo; lo anterior contrasta con lo sucedido en Guasave, ya que las primeras lluvias apreciables se presentaron hasta el segundo mes y nunca fueron superiores a los 30 mm por semana, sin embargo, fueron continuas durante cinco semanas, de la fecha de muestreo seis a la 10 (Figura 1). Por otro lado, las lluvias continuas entre la semana seis a la 10, pudieron reducir algún factor de mortalidad del insecto en estudio, e incluso el mayor número de precipitaciones a lo largo del desarrollo del cultivo. Probablemente la ausencia de lluvias en el primer mes pudo un efecto en el establecimiento temprano de las poblaciones de minador en esta última localidad. El efecto de diversos factores climatológicos fue revisado por Lomeli *et al.* (2009) quienes hacen un análisis de los factores de mortalidad de los minadores de la hoja y encontraron que los factores abióticos como heladas, humedad y lluvias fuertes tienen efectos negativos en las poblaciones de la plaga y su comportamiento de apareamiento y oviposición, provocando disminuciones de población drásticas aunque por periodos cortos. Con relación a la temperatura, las máximas se presentaron durante los primeros días del cultivo en todas las regiones estudiadas. Tanto en los municipios de Ahome y El Fuerte las máximas se mantuvieron prácticamente estables entre 30 y 35 °C, mientras que las mínimas oscilaron entre 20 y 25 °C. En contraste, Guasave presentó temperaturas más fluctuantes. Durante el primer mes se presentó un periodo de temperaturas máximas cercanas a 25 °C y las mínimas cercanas a 20 °C. Esta condición pudo haber favorecido el establecimiento de las poblaciones de minador en esta región,

ya que Milla y Reitz (2005) reportan que el umbral mínimo de desarrollo para especies de *Liriomyza* es 8.1°C y su umbral máximo es 29.5°C, con una temperatura óptima de desarrollo de 25°C.

2.5.2. Identificación del minador de la hoja

L. trifolii fue la única especie encontrada en los muestreos de campo en los cultivos de chile, junto con *L. huidobrensis* y *L. sativae*, están consideradas como cosmopolitas y han sido reportada en Estados Unidos, Irán, Argentina y Japón como unas de las principales plagas en cultivos hortícolas y florícolas (Chandler y Gilstrap, 1987; Reitz y Trumble, 2002; Schuster y Wharton, 1993; Asadi *et al.*, 2006; Abe y Konishi, 2004; Kashiwagi *et al.*, 2005; Salvo y Valladares, 2007). En México *L. trifolii* es una especie común y ha sido reportada por varios autores como plaga de diversos cultivos en Sinaloa y el noroeste de México (Pacheco, 1985; Alvarado y Trumble, 1999; Cortez *et al.*, 2004). En un estudio reciente, esta misma especie fue encontrada como plaga del cultivo de chile, donde se indica que son necesarias aplicaciones de productos químicos para su control, además se menciona al sur del estado de Tamaulipas como su distribución geográfica más precisa (Palacios *et al.*, 2008).

2.5.3. Fluctuación poblacional del minador de la hoja

Las poblaciones del minador fueron extremadamente bajas al inicio del cultivo (< de 2 minas), por lo que se considera que la colonización en el cultivo del chile se dio después de casi un mes de su establecimiento. En Sinaloa existe una ventana fitosanitaria libre de cultivos hospedero preferidos por mosca blanca implementada por primera vez el año de 1995 y posteriormente impuesta de nuevo el año 2006,

misma que sigue vigente, con el fin de evitar la proliferación de mosquita blanca y otras plagas (Cesavesin, 2008). Esta medida fitosanitaria procura que en la región no se siembre algún cultivo de hoja ancha por un espacio de tres meses durante el año (junio a agosto). Esta condición posiblemente evitó que los minadores pudieran infestar los cultivos de manera inmediata después del trasplante del chile. Por otra parte en los municipios de Ahome y El Fuerte se presentaron lluvias durante el primer mes; esta condición pudo ser la causa de que las poblaciones del minador no crecieran tan rápido como en Guasave. Así mismo, los primeros meses se presentaron en Guasave condiciones de temperaturas menores de 30°C, lo cual también pudo contribuir a que en este municipio la colonización se realizara en menor tiempo y de manera más agresiva. El efecto de la precipitación también puede explicar las disminuciones de las poblaciones del minador en Guasave en las fechas ocho a 11, cuando se presentaron precipitaciones en esta zona (Figura 1). Trabajos previos han explorado el efecto de factores climáticos sobre minadores; Parrella (1984) evaluó el efecto de temperaturas constantes (15.6°, 21.1°, 26.7°, 32.2°, 37.8°C) sobre la oviposición, alimentación y longevidad de *L. trifolii* en crisantemo; encontró que a diferentes temperaturas la oviposición fue similar a 21.1°, 26.7° y 32.2°C pero fue significativamente reducida a 15.6° y 37.8°C. Esto sugiere que la plaga tiene un patrón de oviposición que es influido por la temperatura. En este mismo sentido, otros autores señalan que la tasa de supervivencia de los insectos se reduce con la lluvia (Lomeli *et al.*, 2009).

Considerando las etapas de desarrollo del cultivo, se observó que durante la etapa de fructificación se presentaron las poblaciones más altas, esto puede deberse a la mayor disposición de hojas, alimento y refugio para el minador de la hoja. Los resultados del presente estudio muestran la misma tendencia que lo

observado en la región de Weslaco, Texas, EEUU, donde *L. trifolii* tuvo sus primeras infestaciones en la etapa de crecimiento inicial y su presencia y daño se fue incrementando conforme las plantas aumentaban de tamaño; por lo tanto, las máximas poblaciones observadas en larvas y minas por folíolos se presentaron en las etapas de desarrollo vegetal y reproductivas del cultivo de chile Bell (Chandler y Gilstrap, 1987). Así también, en un estudio realizado en 1974 en Florida, EEUU, donde se evaluó semanalmente la fluctuación poblacional de adultos y minas de *Liriomyza* sp., en cultivos de diferentes familias botánicas, como tomate, berenjena, papa y chile, así como Leguminosas, Cucurbitáceas y Brasicáceas, el mayor porcentaje de adultos se presentó en las etapas de desarrollo y reproductivas de los cultivos, y decreció en la etapa de senescencia de los mismos (Musgrave *et al.*, 1975).

2.5.4. Comparación de adultos capturados en trampas de altura fija y variable

La utilización de trampas amarillas permitió obtener registros de la cantidad de adultos durante el periodo de la investigación y definir que la mayor captura de adultos a lo largo del monitoreo de estas (Fig.4), ocurrió en las trampas de altura variable, más cercanas al dosel de las plantas, lo que parece lógico pues los adultos del minador de la hoja se deben concentrar cercanos al dosel, cuando están buscando el lugar para alimentarse y para ovipositar, garantizando el desarrollo de la progenie. En Costa Rica, Gómez y Rodríguez (1995) evaluaron la efectividad de las trampas cromáticas amarillas colocadas en tres estratos del cultivo de papa para el monitoreo de minadores; los resultados coinciden con los datos obtenidos en este estudio, ya que las máximas capturas se obtuvieron en trampas colocadas al nivel del dosel del cultivo. Así mismo, se encontró que en la

etapa de prefloración y floración se registraron las máximas poblaciones de la plaga. El empleo de trampas de impacto amarillas con pegamento entomológico se utilizó por primera vez para monitorear adultos de minador del género *Liriomyza* por Musgrave y colaboradores (1975). Estudios subsecuentes han confirmado que el color amarillo en trampas pegajosas es el más efectivo en la captura de minadores (Larraín y Muñoz, 1997; Risco *et al.*, 1999; Martin *et al.*, 2005). Los resultados de este trabajo, demuestran que la captura de adultos de minador de la hoja fue similar en los tres lotes de estudio al inicio de las observaciones. Las capturas se incrementaron en todos los lotes a partir de noviembre de 2008; pero el número de minadores capturados fue significativamente mayor durante todo el periodo de investigación ($P < 0.05$). Las capturas más abundantes de adultos de minador de la hoja tanto en trampas de altura variable como en trampas de altura fija, en los tres lotes experimentales, coincidieron con las etapas de floración y fructificación del cultivo de chile cuando las plantas presentan mayor cantidad de hojas, lo que se traduce en mayor cantidad alimento y refugio para el insecto plaga. Por otra parte, Larraín y Muñoz (1997), reportan haber encontrado una correlación entre las máximas capturas de adultos de minador en trampas de pegamento amarillas y la mayor cantidad de daño de larvas, como galerías y oxidación del tejido foliar; igual que en el presente estudio, reportan que las poblaciones declinaron en los últimos dos meses de estudio, en la senescencia del cultivo.

A manera de conclusiones, se señala que solo se identificó a *L. trifolii* como la especie de minador de la hoja asociada al cultivo de chile jalapeño en los tres municipios del norte de Sinaloa, en donde se realizó el presente estudio. La fluctuación poblacional manifestada el daño registrado en minas en folíolos y adultos capturados en trampas de impacto, mostró un incremento paulatino a partir

de noviembre de 2008, llegando a sus máximos poblacionales en enero y febrero, coincidiendo con las etapas de floración y fructificación del cultivo, decreciendo posteriormente en la etapa de senescencia del mismo. Asimismo, la abundancia de minador de la hoja fue significativamente mayor en el lote establecido en el municipio de Guasave, probablemente debido a condiciones de clima. Las trampas de altura variable de acuerdo a la altura del cultivo, fueron mas eficientes para capturar adultos de minador de la hoja que las trampas de altura fija (1.70 m).

CAPÍTULO 3

PARASITISMO NATURAL DEL MINADOR DE LA HOJA *Liriomyza trifolii* (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EN CHILE EN EL NORTE DE SINALOA

3.1. Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo de identificar las especies de parasitoides que de manera natural están asociadas al minador de la hoja en el cultivo de chile jalapeño en tres municipios del norte de Sinaloa, se realizaron veintinueve muestreos semanales de octubre de 2008 a abril de 2009, de acuerdo a la técnica conocida como “cinco de oros”. Los folíolos con presencia aparente de larvas de minador de la hoja, se confinaron en vasos de plástico hasta la emergencia de los insectos adultos. Para la determinación taxonómica de los parasitoides, se emplearon las claves y esquemas de Wharton (1997) y La Salle y Parrella (1991). Se determinaron los géneros y especies *Opius* sp., *Opius dissitus* Muesebeck, *Closterocerus cinctipennis* Ashmead y *Neochrysocharis* sp., así como un espécimen de la familia Figitidae aun no determinado. La especies de *Opius* presentaron las más altas poblaciones en los tres lotes de estudio, seguido por *C. cinctipennis* y finalmente *Neochrysocharis* sp., las máximas poblaciones de parasitoides coincidieron con la presencia mas abundante de la plaga.

3.2. Introducción

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte de Sinaloa es atacado por varias plagas de insectos, recientemente los minadores de la hoja (Diptera:

Agromyzidae) se han constituido en uno de los principales factores fitosanitarios que limitan la producción de este cultivo en la región, ya que con su daño en ataques severos, llegan a reducir el rendimiento y la calidad de la cosecha, sobre todo cuando se establecen desde las etapas tempranas de desarrollo del cultivo (Cortez, 2008, Comunicación personal). Los agromícidos son considerados insectos difíciles de ubicar taxonómicamente, debido a su pequeño tamaño y uniformidad morfológica externa, pero además son especies estrechamente relacionadas y difíciles de distinguir ya que inclusive pueden encontrarse más de una especie en la misma planta (Spencer, 1973; Dempewolf, 2004). A nivel mundial, la familia Agromyzidae cuenta con más de 2,500 especies contempladas en 28 géneros, aunque probablemente el número de especies sea mayor a 3,500 (Spencer, 1987; Dempewolf, 2004). Más de 20 especies de importancia económica de *Liriomyza* han sido reportadas y de estas, seis son polífagas (Liu *et al.*, 2009). En México sólo están reportadas 30 especies y destacan por su presencia y diversidad los géneros *Melanagromyza* y *Liriomyza* (Martínez y Étienne, 2002; Palacios *et al.*, 2008). En los últimos años, los agromícidos se han convertido en una de las plagas principales del cultivo de chile en el norte de Sinaloa; por lo común se presentan en poblaciones elevadas y provocan defoliación severa de las plantas en todo el lote, lo cual también ha sido documentado en otras regiones del país (Pacheco, 1985; Bautista, 2006). Schuster y Wharton (1993) observaron que en el Valle de Río Grande (Texas, EEUU) las poblaciones de minadores se incrementaron desde el inicio de la floración y el crecimiento de frutos, lo cual se atribuyó a la aplicación de insecticidas de amplio espectro para el control de otras plagas que eliminan a los posibles enemigos naturales. Muchos estudios han registrado diversos grupos de enemigos naturales que regulan las poblaciones de

minadores de la hoja, entre los cuales se mencionan a nematodos entomopatógenos, hongos entomófagos, depredadores y parasitoides; de estos, el grupo de los parasitoides himenópteros es el más importante en la regulación de poblaciones de agromíctidos (Liu *et al.*, 2009). A nivel mundial están registradas más de 300 especies de parasitoides asociados a miembros de la familia Agromyzidae (Noyes, 2004), de estas, al menos 140 especies de parasitoides interactúan con *Liriomyza* sp. (Liu *et al.*, 2009). La Salle y Parrella (1991) reportan 23 especies de parasitoides de *Liriomyza* sólo en la región Neártica, y al menos 14 de ellas se encuentran de manera natural en Florida, EEUU. En Sudamérica se han registrado 72 especies de parasitoides asociados al género *Liriomyza* sp. (Vega, 2003). A la superfamilia Chalcidoidea pertenecen la mayoría de los géneros de parasitoides que se han encontrado asociados a Agromyzidae, aunque también un número considerable está dentro de la superfamilia Ichneumonoidea y en menor proporción existen géneros en la superfamilia Cynipoidea. Morales *et al.*, (2002) reportan a los endoparasitoides *Thinodytes petiolatus* Heydon (Pteromalidae) y *Bracon* sp. (Braconidae) parasitando a *Melanagromyza tomaterae* Steyskal ó “arrocillo” en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. Posteriormente Palacios y Bautista (2004) reportan a *Gronotoma melanagromyzae* Breadsley sobre el mismo agromíctido. Palacios (2008) reporta a *Opius* sp. (Braconidae) parasitando a *L. trifolii* en el cultivo de chile en Altamira, Tamaulipas. En Sinaloa, específicamente en el área de estudio, se han reportado a *Opius dimidiatus* (Ashmead) (Braconidae), *Chrysocharis parksi* Crawford (Eulophidae), y a las especies de la familia Figitidae *Ganaspidium utilis* Beardsley y *Disorygma pacifica* (Yoshimoto), atacando minadores de la hoja en tomate (Alvarado y Trumble, 1999). Mientras que Cortez y colaboradores (2006) reportaron a los eulofidos *Chrysocharis* sp., *Neochrysocharis*

sp. y *Closterocerus* sp., asociados a agromíctidos en el cultivo de canola *Brassica napus* L. Sin embargo, no se cuenta con información referente a los parasitoides nativos que de manera natural regulan las poblaciones de minadores de la hoja en el cultivo de chile jalapeño en la región. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue identificar las especies de parasitoides que regulan las poblaciones del minador de la hoja en el cultivo de chile.

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Ubicación de lotes de estudio

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno (septiembre de 2008 a abril de 2009) en tres municipios del norte de Sinaloa. La primera parcela experimental se estableció en el Campo Experimental Valle del Fuerte del INIFAP (CEVAF), ejido Las Vacas (Juan José Ríos) en el municipio de Guasave, (25°45'36'' N; 108°48'41'' O; 14 msnm); la segunda parcela en el Ejido Flor azul, municipio de Ahome, (25°52'16'' N; 109°00'48'' O; 16 msnm); y la tercera en la parcela escolar del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTa 81), en el ejido "2 de abril", municipio El Fuerte (25°54'23'' N y 108°56'13'' O; 18 msnm). Las coordenadas y altitud fueron obtenidas con un sistema portátil GPS marca *etrex* Legend GARMIN, de fabricación Taiwanese. Cada parcela experimental constó de 625 m² con chile jalapeño, variedad "Grande". Todas las parcelas fueron establecidas la segunda quincena de septiembre de 2008. El manejo agronómico fue el mismo que llevan a cabo los productores de la región, pero sin realizar aspersiones de insecticidas, con el propósito de que el minador de la hoja y sus parasitoides se presentara en forma natural.

3.3.2. Especies de parasitoides asociados al minador de la hoja en el cultivo de chile jalapeño en el norte de Sinaloa

Para determinar las especies de parasitoides asociados a poblaciones del minador de la hoja en el cultivo de chile jalapeño, se realizaron muestreos a intervalos semanales en el cultivo durante el ciclo otoño-invierno, de acuerdo a la técnica conocida como “cinco de oros”. En cada fecha de muestreo, se seleccionaron semanalmente de cada lote 10 folíolos con presencia evidente de larvas de minador en cinco sitios de cada parcela experimental (dos en cada punto de muestreo), para la obtención de parasitoides. Las hojas minadas se introdujeron en bolsas Ziploc[®], se etiquetaron con datos de colecta y se llevaron al laboratorio de Entomología, de la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte (ESAVF). Cada una de las hojas recolectadas se colocó en vasos de plástico desechables N° 4A, con tapa, la cual se perforó y se le colocó polipropileno (Agribon[®] 17), con el fin de que tuvieran ventilación y no entrara ni escapara ningún organismo. En el fondo del recipiente se colocó algodón húmedo, para evitar la deshidratación de los insectos. En esas condiciones se mantuvieron las muestras hasta la emergencia de adultos. Los adultos parasitoides del minador de la hoja emergidos se separaron por morfoespecie, se colocaron en tubos Eppendorf, de 1.5 mL, con alcohol 70% y se etiquetaron. Un grupo se envió al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados y otro al Departamento de Entomología de la universidad de Texas A & M, para su preparación e identificación.

Tradicionalmente, la identificación de especies de parasitoides se realiza considerando estructuras externas como: venación de alas, características distintivas del mesosoma, mesoescuto y antenas; por ello, se hicieron montajes de

los especímenes en triángulos de cartulina color blanco de 1 cm de largo; en su extremo se unió al organismo con Resistol 850 diluido con agua y se montó en alfiler entomológico número 3.

La observación de las características morfológicas externas necesarias para la identificación de las especies se realizaron utilizando un microscopio Tessoar de Carl Zeiss. Adicionalmente algunos ejemplares de cada especie fueron preparados para ser observados en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6390, donde se tomaron imágenes de diversas estructuras, tales como mesosoma en vista dorsal y lateral, alas y antenas.

Los especímenes adultos de parasitoides del minador de la hoja se identificaron usando las claves de Wharton (1997) para géneros de Braconidae (Opiinae), y de La Salle y Parella (2005) para géneros de Eulophidae. La identificación de especies de *Opius* wesmael, fue realizada por el Dr. Robert Wharton de la Universidad de Texas A&M. Para la identificación de especies de *Closterocerus* Westwood, se utilizaron las claves de Hansson 1994. Ejemplares de resguardo del material entomológico obtenido y analizado en este estudio, se encuentran en las colecciones entomológicas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México y de la Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte de la Universidad Autónoma de Sinaloa en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa.

3.4. Resultados y discusión

Se obtuvieron 142 ejemplares de parasitoides asociados a *L. trifolli* en las tres parcelas experimentales muestreadas; estos pertenecen a tres familias de Hymenoptera en cuatro géneros. *Opius* 68 especímenes (47.8%), *Closterocerus* 49

especímenes (34.5%), *Neochrysocharis* 24 especímenes (17%) y un espécimen de la familia Figitidae (0.7%).

Dentro de los Bracónidos se identificaron 24 especímenes correspondientes a *Opius dissitus* Muesebeck, el cual se establece como nuevo reporte de su presencia en México, el resto de los ejemplares del género *Opius* Wesmael no fue posible identificarlos a especie. El especialista del grupo (R. Wharton, Universidad de Texas A&M) señala que este género es muy diverso, ya que agrupa más de 1,000 especies, muchas de estas sin describir. Dentro de la familia Eulophidae se identificaron 49 individuos pertenecientes a *Closterocerus cinctipennis* Ashmead, y 24 de *Neochrysocharis* spp., los especímenes de este último género se presentan al menos dos morfoespecies, las cuales no fue posible identificar con las claves disponibles. Finalmente se detectó un individuo de la familia Figitidae el cual está en proceso de determinación.

En el municipio de Ahome se obtuvieron 52 organismos, siendo *O. dissitus* y *Opius* sp. las especies más abundante con 25 ejemplares, seguida por *C. cinctipennis* con 21 individuos y por último *Neochrysocharis* sp., con seis individuos. En el municipio de El Fuerte se registraron 50 organismos, de los cuales *O. dissitus* y *Opius* sp. fueron las más abundantes con 28 individuos, seguido por *C. cinctipennis* con 15 ejemplares y por último se obtuvieron seis ejemplares de *Neochrysocharis* sp. Mientras que en el municipio de Guasave se registraron sólo 40 ejemplares, de los cuales, *O. dissitus* y *Opius* sp., fueron las más abundantes con 15 organismos, seguido por *C. cinctipennis* con 14 individuos, mientras que de *Neochrysocharis* sp., se obtuvieron 10 individuos y un ejemplar de la familia Figitidae.

Con el fin de facilitar el reconocimiento de los organismos obtenidos en el

presente estudio, se presenta la diagnosis de los géneros y/o especies detectadas. Para esto se consideraron características de los ejemplares colectados además de las descripciones originales, datos de claves y descripciones disponibles en la literatura.

Opius dissitus Muesebeck (Figura 5A). Cabeza. Ligeramente mas ancha que alta, presenta el clípeo amarillo y poco pubescente. La mandíbula presenta un diente basal (Figura 5B). La antena (Figura 5C) posee un escapo amarillo y ligeramente pubescente, mientras que el pedicelo es negro y más pubescente que el escapo, annelus corto y amarillo; Mesosoma en vista lateral no presenta carina epicnemia (Figura 5D), y en vista dorsal el mesoescuto no muestra presencia de notauli ni fosa media (Figura 5E); Ala anterior con 2RS más corta que 3RSa (Figura 5F). Una descripción completa de esta especie está disponible en (Karlsson, 2003).

Closterocerus cinctipennis Ashmead (Figura 6A). Largo del cuerpo, ♀= 0.7-1.1 mm; ♂=0.6-0.8 mm. Cabeza. Frente y vértex verde-azulado, con reticulación fuerte, pequeña y endentada. Antena (Figura 6B), es oscura, escapo más amplio en la parte media y no presenta forma triangular, el pedicelo presenta un borde agudo dorsalmente, mientras que el flagelo es ligeramente comprimido y la clava es más estrecha que el segundo segmento funicular. Mesosoma, mesoescuto y escutelo verde-dorado, con fuerte reticulación pequeña y dentada, el lóbulo medio del mesoescuto con 3 pares de setas, dorso pequeño, convexo y débilmente reticulado lateralmente (Figura 6C). Alas (Figuras 6D y 6E), vena submarginal con un par de setas dorsales y dos bandas transversales en alas anteriores. Una descripción completa de esta especie está disponible en (Hansson, 1994).

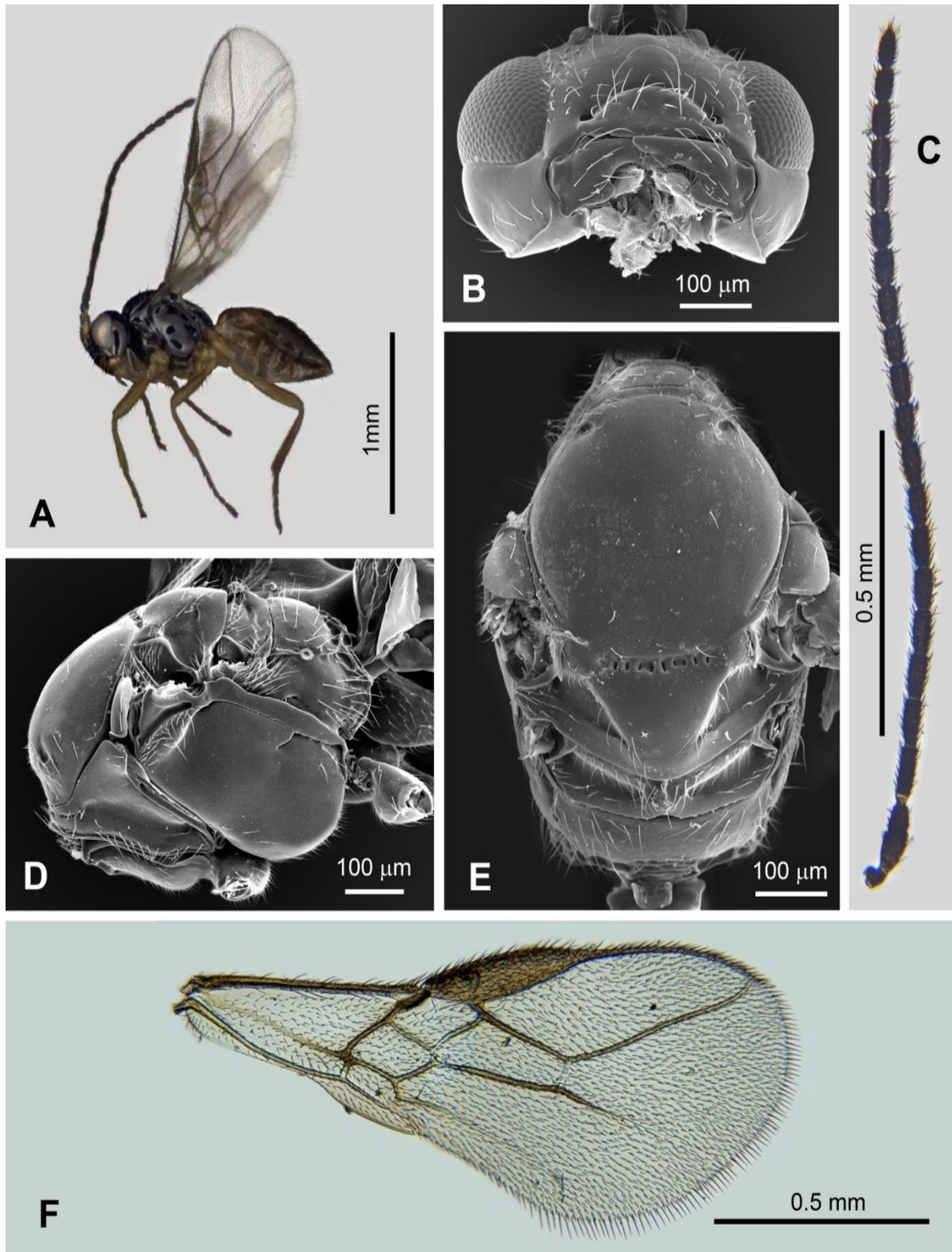


Figura 5. A) *Opius dissitus* Muesebeck. , B) Mandíbula con diente basal, C) Antena D) Mesosoma vista lateral, sin carina epicnemial, E) Mesoescuto, sin notauli ni fosa media, F) Ala anterior.

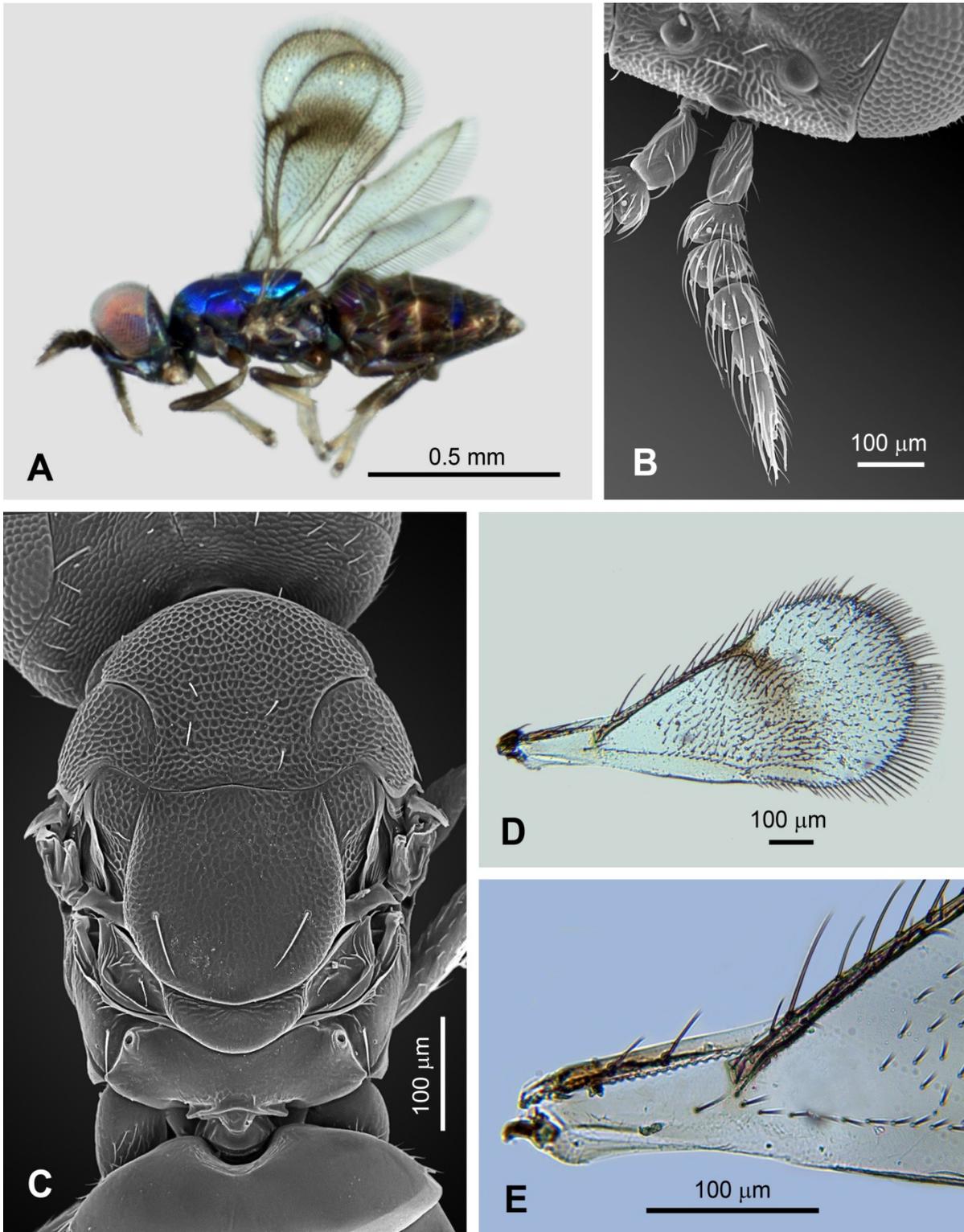


Figura 6. A) *Closterocherus cinctipennis* Ashmead, B) Antena, C) Mesosoma, mesoescuto y escutelo, D y E) Alas, vena submarginal con dos setas dorsales y dos bandas transversales en alas anteriores.

Neochrysocharis sp. (Figura 7A). Color verde metálico. Cabeza, presenta sutura fronto-facial claramente separada de los ocelos y formando una “V” o “Y”. Antena (Figura 7B), flagelo en ambos sexos con dos segmentos funiculares, clava con tres segmentos fusionados. Mesosoma (Figura 7C), por lo general muy esculpido, pronoto sin carina transversal, notauli incompleto, mesoescuto y escutelo sin surcos longitudinales, escutelo con un par de setas, propodeo liso y brillante. Alas (Figura 7D y 7E), el ala anterior presenta vena submarginal con 2 setas dorsales, vena postmarginal presente e igual de larga como la vena estigmal. Claves para las especies mexicanas de este género están disponibles en Hansson (1997).

De las especies de parasitoides obtenidas en el presente estudio, se observó que en todos los lotes experimentales *Neochrysocharis* sp. predominó el primer mes y permaneció aunque en bajas poblaciones, reduciendo su presencia muy cercano a cero a partir de la segunda semana de enero, que coincidió con el decremento de la temperatura. En cambio *Opius dissitus*, *Opius* sp., así como *Closterocerus cinctipennis*, estuvieron presentes en todo el periodo de estudio durante el desarrollo del cultivo, incrementando sus poblaciones desde diciembre, coincidiendo con las máximas poblaciones de la plaga. La baja presencia de estas dos especies en los primeros muestreos, tal vez se debió a las altas temperaturas, alrededor de 30°C al inicio del estudio, y el aumento de sus poblaciones pudo deberse a condiciones de temperatura más apropiadas. En Francia (Bordat et al., 1995) determinaron la temperatura óptima de desarrollo de *O. dissitus*; los resultados obtenidos demuestran que a una temperatura de 20°C-30°C ambos sexos se desarrollan adecuadamente, pero la temperatura óptima es 20°C, temperaturas muy próximas a este rango se registraron en los lotes de estudio.

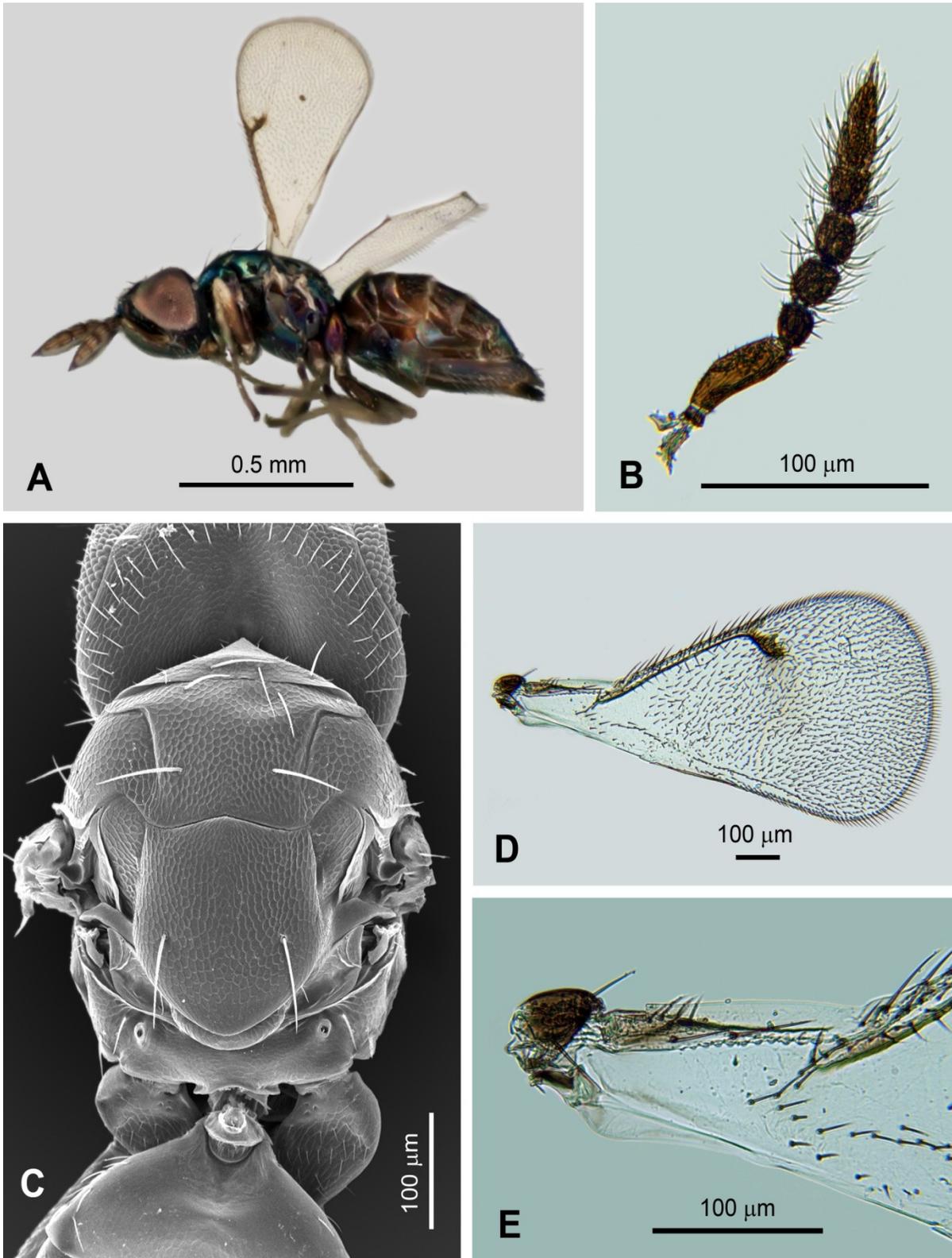


Figura 7. A) *Neochrysocharis* sp., B) Antena, C) Mesosoma, D y E) Ala anterior, vena submarginal con dos setas dorsales, vena postmarginal presente e igual de larga que la estigmal.

El comportamiento de los parasitoides observados ilustra una alternancia de parasitismo relativo entre las especies. La regulación poblacional hasta el inicio de diciembre corresponde a *Neochrysocharis* sp., y de finales de diciembre en adelante a *O. dissitus*, *Opius* sp., y *C. cinctipennis*. Sin embargo, la actividad de estos enemigos naturales y posiblemente otros presentes, no es fácil de observar en las parcelas comerciales de Chile debido a las aspersiones de insecticidas convencionales de amplio espectro que se realizan en forma generalizada en diversos cultivos en el Valle del Fuerte, quizá esta sea la razón de la baja cantidad de géneros y especies encontradas en el presente estudio, ya que diversos autores reportan haber encontrado una gran cantidad de géneros y especies asociadas a minadores de la hoja en otras partes del mundo. Por ejemplo, en el sur de Texas, EEUU, se estudió el parasitismo natural sobre minador de la hoja *L. sativae* sobre Chile Bell, se encontró a ocho especies de himenópteros, siendo *Chrysonotomyia* sp. (Eulophidae) la más abundante, aunque también se reporta a *Opius* sp. (Braconidae), *Halticoptera circulus* (Walker) (Pteromalidae), *Chrysocharis* sp., *Diglyphus intermedius* (Girault), *Closterocerus* sp., *Zagrammosoma americanum* (Girault) (Eulophidae) y *Disorygma* spp. (Figitidae).

Los resultados de este estudio corroboran lo reportado por Cortez y colaboradores (2004), quienes encontraron a los géneros *Neochrysocharis* y *Closterocerus*, parasitando minador de la hoja en el cultivo de canola y al género *Opius* asociado a minadores en el cultivo de tomate por Alvarado y Trumble (1999). Especies parasitoides como *D. isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) y *Dacnusa sibirica* Telenga (Hymenoptera: Braconidae), reproducidas como agentes de control biológico de minador de la hoja, en producción protegida de diferentes cultivos hortícolas, para la región de Sinaloa y otras en el país, por empresas transnacionales

como Koppert® y Biobest®, entre otras, continúan sin ser detectadas en el norte de Sinaloa.

Aunque en el presente estudio no se realizaron evaluaciones sobre el impacto de los parasitoides sobre las poblaciones del minador de la hoja y los rendimientos del cultivo, se pudo observar que la presencia y daño provocado por la plaga se mantuvo en niveles que no afectaron el desarrollo del cultivo, lo cual permitió que se realizaran cuatro cortes de frutos de primera calidad y rendimientos prácticamente similares a los lotes manejados de manera convencional, que en la zona representa la aplicación de un mínimo de 15 aplicaciones con un costo de \$9,966 por hectárea. El primer corte se realizó el día 10 de diciembre de 2008, con rendimiento de 7.2 toneladas/ha; el segundo corte fue el día 28 de diciembre de 2008, con rendimiento de 9.6 t/ha; el siguiente corte se hizo el día 16 de enero de 2009, el cual arrojó un rendimiento 10.4 t/ha; finalmente el cuarto y último corte se realizó el día 5 de febrero de 2009, con rendimiento de 10.4 t/ha. Estos rendimientos son comparables con la media de la zona correspondiente a cada corte. A partir de febrero, la presencia de minador de la hoja fue a la baja; sin embargo, las poblaciones del barrenillo del chile *A. eugenii* se incrementaron drásticamente a partir de esas mismas fechas, lo cual provocó daño y caída de frutos evitando cortes posteriores.

A manera de conclusión, se puede resumir que durante el presente estudio se determinó que *Opius dissitus* Muesebeck es un nuevo registro para México y por primera vez se señala como agente de control biológico de *Liriomyza trifolii* en cultivo de chile en el norte de Sinaloa. Esta especie junto con *Opius* sp., *Closterocerus cinctipennis* y *Neochrysocharis* sp., mantuvieron las poblaciones del minador de la hoja en poblaciones tales que permitieron el corte de fruto cuatro

ocasiones, desde diciembre hasta febrero. Al inicio del estudio predominó *Neochrysocharis* sp., a partir de diciembre las poblaciones de *Opius dissitus*, *Opius* sp. y *Closterocerus cinctipennis* aumentaron y perduraron hasta finales del estudio.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitirán plantear nuevas acciones de investigación y lo más importante, definir criterios de decisión para el manejo del minador de la hoja en el cultivo del chile en el norte de Sinaloa, basado en el comportamiento poblacional del insecto plaga y con un eventual programa de control biológico por conservación y aprovechamiento de los enemigos naturales presentes o control biológico por aumento mediante su reproducción y posterior liberación. En todo caso, es significativo el hecho de la interesante presencia de parasitoides y que es necesario hacer un uso adecuado de insecticidas selectivos que afecten lo menos posible su presencia y desempeño.

CONCLUSIONES GENERALES

Se determinó a *Liriomyza trifolii* (Burgess) como la especie de minador de la hoja asociado al cultivo de chile jalapeño en el norte de Sinaloa, el cual se presentó en el cultivo en los tres lotes experimentales desde el primer mes después del trasplante, sus poblaciones aumentaron conforme avanzó el ciclo, registrando las máximas poblaciones de diciembre de 2008 y disminuyeron en marzo de 2009. El lote del municipio de Guasave registró la mayor presencia de minador de la hoja tanto de minas en folíolos como de adultos capturados por trampa en comparación con los lotes de Ahome y El Fuerte.

Las trampas de altura variable (TAV) de acuerdo a la altura del cultivo, fueron más efectivas en la captura de adultos de minador de la hoja en los tres lotes en estudio en comparación con las trampas de altura fija (TAF) a 1.70 m.

Las especies de parasitoides nativos que se obtuvieron en este trabajo, fueron: *Opius dissitus*, *Opius* sp, *Closterocerus cinctipennis*, *Neochrysocharis* sp., y un espécimen de la familia Figitidae, *Neochrysocharis* sp., fue la especie mas abundante durante la etapa de desarrollo del cultivo, pero a partir de las etapas de floración y fructificación prácticamente desapareció del cultivo, en cambio *Opius* sp. y *C. cinctipennis*, permanecieron durante todo el ciclo, incrementando sus poblaciones conforme el desarrollo del cultivo.

Se determinó a *Opius dissitus* Muesebeck, asociada a *L. trifolii*, como nuevo registro para Sinaloa y para México.

Los resultados sugieren que es factible producir chile jalapeño en el norte de Sinaloa sin aplicación de insecticidas, para combate de minador de la hoja, ya que

se realizaron cuatro cortes de frutos con calidad y rendimientos similares a los obtenidos convencionalmente. Lo anterior se sugiere como hipótesis a probar en un estudio posterior.

LITERATURA CITADA

- Abe, Y. and K. Konishi. 2004. Taxonomic notes on *Gronotoma* (Hymenoptera: Eucoilidae) parasitic on the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). ESAKIA. 44: 103-110.
- Alvarado, R. B. y J. T. Trumble. 1999. El manejo integrado de las plagas: un ejemplo en el cultivo de tomate en Sinaloa. In: S. Anaya, R. y R. Nápoles *et al.* Hortalizas, plagas y enfermedades. Edit. Trillas. ISBN 968-24-1283-8. México, D.F. pp. 435-449.
- Analytical Software. 2003. Statistix 8. User's Manual. Tallase, Florida USA.
- Anónimo. 2003. Fundación produce. Guía para la asistencia técnica agrícola para el área de influencia del campo experimental valle del Fuerte. Sexta Edición. Sinaloa, México. 208 p.
- Asadi, R., A. A. Talebi., Y. Fathipour, S. Moharramipour and E. Rakhshani. 2006. Identification of parasitoids and seasonal parasitism of the Agromyzid Leafminers Genus *Liriomyza* (Dip.: Agromyzidae) in Varamin, Iran. J. Agric. Sci. Technol. 8: 293-303.
- Barrios, D. B., R. Alatorre R., H. Calyecac. C. y N. Bautista M. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. Capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. Agrociencia 38(2): 239-248.
- Bautista, M. N. 2006. Insectos plaga, una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. ISBN: 968-839-489-0. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 113 p.
- Beardsley, J. W. 1988. Eucoilid parasites of agromyzid leafminers in Hawaii (Hymenoptera: Cynipoidea). Proceedings, Hawaiian Entomological Society. 18:33-47.
- Bordat, D., E. V. Coly and P. Letourmy. 1995. Influence of temperature on *Opius dissitus* (Hym.: Braconidae), a parasitoid of *Liriomyza trifolii* (Dipt.: Agromyzidae). Entomophaga. 40(1): 119-124.
- Borror, D. J., D. M. DeLong and C. A. Triplehorn. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders College publishing. 875 p.
- Bozzola, J. J. and L. D. Russell. 1992. Electron microscopy. Jones and Bartlett

Publishers. 542 pp.

Buffington, M. L. 2006. The description of *Moritiella* Buffington, new genus (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae). *Zootaxa*. 1237: 61-68.

Carmona, D., A. M. Vincini., S. Cambareri y R. López. 2003. Manejo integrado de la "mosca minadora de las hojas", *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, en cultivos de papa del Sudoeste Bonaerense. (en línea). Disponible en: http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/hortic/papa/emp/moscami_nad.htm. Accesado 28 junio de 2008.

Chow, A. and K. M. Heinz. 2006. Control of *Liriomyza langei* on chrysanthemum by *Diglyphus isaea* produced with a standard or modified parasitoid rearing technique. *J. Appl. Entomol.* 130: 113-121.

Çikman, E. and M. Kaplan. 2008. Effects of azadirachtin a [*Azadirachta indica* a juss (Meliaceae)] on larval serpentine leafminers *Liriomyza cicerina* (Rondani, 1875) (Diptera: Agromyzidae) in chickpea. *Journal of Applied Sciences Research*. 4(10): 1143-1148.

Çikman, E., M. Kaplan and Y. Coskun. 2008. The effects of *Bacillus thuringiensis* on larval serpentine leaf miners *Liriomyza cicerina* (Rondani,1875) (Diptera: Agromyzidae) in chickpea. *Journal of Applied Sciences Research*. 4(10): 1191-1198.

Chandler, L. D. 1984. Parasites of *Liriomyza sativae* Blanchard on bell peppers in South Texas. *J. Georgia Entomol. Soc.* 19(2): 199-203.

Chandler, L. D. and F. E. Gilstrap. 1987. Seasonal fluctuations and age structure of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larval populations on bell peppers. *J. Econ. Entomol.* 80: 102-106.

Clausen, C. P. 1940. *Entomophagous insects*. McGraw-Hill, Nueva York. 688 p.

Cortez, M. E., N. Castillo T. y J. Macias C. 2004. Enemigos naturales para el control biológico de insectos plaga en canola. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Folleto Técnico No 22: 18-22.

Debeko, A., T. Kashiwagi., S. Tebayashi and C. Kim. 2007. Nitrogenous ovipositional deterrents in the leaves of sweet pepper (*Capsicum annuum*) at the mature

stage against the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). Biosci. Biotechnol. Biochem. 71(2): 421-426.

Dempewolf, M. 2004. Arthropods of economic importance-Agromyzidae of the world. Disponible en: <http://nlbif.eti.uva.nl/bis/Agromyzidae.php?menuentry=inleiding>. Accesado 22 de junio de 2008.

Díaz, N. B. y F. E. Gallardo. 2002. Cynipoidea. pp. 617-630. In: J. Llorente Bousquets, E. González and N. Papavero (Eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento, Vol. II. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Edwards, C. M. and J. La Salle 2004. A new species of *Closterocerus* westwood (Hymenoptera: Agromyzidae) from Australia. Australian Journal of Entomology. 43: 129-132.

Étienne, J. et M. Martínez. 1996. Les Agromyzidae de L'île de Saint-Martin, Antilles (Diptera). Revue française d'Entomologie. (N.S.). 18(4): 121-128.

FAOSTAT, 2006. Top production-chiles, pim. pic., 2006. (en línea). Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accesado de 20 julio de 2008.

Freidberg, A. and M. J. G. Gijswijt. 1983. A list and preliminary observations on natural enemies of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Israel. Israel Journal of Entomology. 17: 115-116.

Gençer, L. 2004. A study on the chalcidoid (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitoids of leafminers (Diptera: Agromyzidae) in Ankara Province. 28: 119-122.

Gençer, L. 2009. Contribution to the knowledge of the chalcid parasitoid complex (Hymenoptera: Chalcidoidea) of agromyzid leafminers (Diptera: Agromyzidae) from Turkey, with new hosts and records. Journal of Plant Protection Research. 49(2): 158-161.

Gibson, G. A.P., J. T. Huber and J. B. Woolley. 1997. Annotated keys to the genera of nearctic chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press. Ottawa, Ontario, Canada.

Gómez, Y. y C. Rodríguez. 1995. Actividad de *Liriomyza huidobrensis* de acuerdo a las diversas horas del día y tipos de muestreo en relación a la fenología del

cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Agronomía Mesoamericana. 6: 32-49.

Górski, R. 2005. Effectiveness of natural essential oils in monitoring of the occurrence of pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard) in gerbera crop. Journal of Plant Protection Research. 45(4): 287-291.

Hansson, C. 1994. Re-evaluation of the genus *Closterocerus* Westwood (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of the Nearctic species. Entomologica Scandinavica. 25: 1-25.

Hansson, C. 1997. Survey of *Chrysocharis* Förster and *Neochrysocharis* Kurdjumov (Hymenoptera: Eulophidae) from México, including eight new species. Miscellanea Zoologica. (Barcelona). 20: 81-95.

Hernández, G. M., A. M. Cruz y A. Carnero. 1999. Eficacia de la utilización de microtúnel de malla frente a la aplicación de los insecticidas Abamectina y ciromacina en el control del minador *Liriomyza trifolii* (Burgess,1880) (Diptera: Agromyzidae) en el cultivo de lechuga. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 25(2): 165-174.

Hernández, R. E., J. Vera G., G. Ramírez V., S. Pérez E., J. López C., N. Bautista M. y V. M. Pinto. 2009. Pronóstico de la fluctuación poblacional del minador de la hoja de crisantemo *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) mediante modelos de series de tiempo. Acta Zoologica Mexicana (n.s.). 25(1): 21-32.

Huerta, P. R. A., J. R. Lomeli F., J. Trujillo A. y A. Hernández C. 2003. Combate de *Liriomyza* spp. en crisantemo mediante el uso de una aspiradora. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). 68: 41-45.

INEGI. 2001. Anuario estadístico Sinaloa. Gobierno del Estado de Sinaloa. 524 p.

Issa, S. y R. Marcano. 1991. Ciclo de vida de *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) en tomate (*Lycopersicum esculentum*). Boletín de Entomología Venezolana. 6(1): 37-45.

Jones, V. P. and M. P. Parrella. 1986. Development of sampling strategies for larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in chrysanthemum. Environ. Entomol. 15: 268-273.

- Karlsson, D. 2003. Skeletal morphology of *Opius dissitus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae). Uppsala Universitet. 20p.
- Kashiwagi, T., Y. Horibata., D. B. Mekuria., S. Tebayashi and C. Kim. 2005. Ovipositional deterrent in the sweet pepper, *Capsicum annuum*, at the mature stage against *Liriomyza trifolii* (Burgess). Biosc. Biotechnol. Biochem. 69(10): 1831-1835.
- Kaspi, R. and M. P. Parrella. 2006. Improving the biological control of leafminers (Diptera: Agromyzidae) using the sterile insect technique. J. Econ. Entomol. 99(4): 1168-1175.
- Lambkin, C. L., S. A. Fayed., C. Manchester., J. LaSalle., S.J. Scheffer and D. K. Yeates. 2008. Plant host and parasitoids associations of leaf mining flies (Diptera: Agromyzidae) in the Canberra region of Australia. Australian Journal of Entomology. 47: 13-19.
- Larraín, S. P. y C. Muñoz M. 1997. Abundancia estacional, hospederos alternativos y parasitismo de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), en los cultivos de papa de la IV región de Chile. Agricultura Técnica (Chile). 57(4): 290-296.
- Larraín, S. P. 2004. Situación de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) en cultivos de papa del cono sur de América y sus perspectivas de manejo integrado. Suplemento Revista latinoamericana de la Papa. 5-10 pp.
- LaSalle, J. and M. P. Parrella. 1991. The chalcidoid parasites (Hymenoptera, Chalcidoidea) of economically important *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) in North America. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 93: 571-591.
- LeBeck, L. M., R. Gaugler, H. K. Haya., A. H. Hara and M. W. Johnson. 1993. Host stage suitability of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to the entomopathogenic nematode *Sterneinema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). Journal of Invertebrate Pathology. 62: 58-63.
- Lesur, L. E. 2006. Manual del cultivo del chile: una guía paso a paso. Editorial Trillas. Mexico, D. F. 80 p.
- Liu, T. X., L. Kang., K. M. Heinz and J. Trumble. 2009. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. Perspectives in Agriculture,

Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 4 (4): 1-16.

Lizárraga, A. 1990. Biología de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard en papa (Diptera: Agromyzidae). Revista Latinoamericana de la papa. 3: 30-39.

Lomeli, F. J. R., J. F. Barrera and J. S. Bernal. 2009. Impact of natural enemies on coffee leafminer *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) population dynamics in Chiapas, México. Biological Control 51: 51-60.

MacGregor, R. y O. Gutiérrez. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Edit. Alhambra. México, D. F. 166 p.

Malipatil, M. B., P. M. Ridland., A. Rauf., J. Watung and D. Kandowanko. 2004. New records of *Liriomyza* Mik (Agromyzidae: Diptera) leafminers from Indonesia. Formosan Entomol. 24: 287-292.

Martin, A. D., R. S. Vernon and R. H. Hallett. 2005. Influence of colour and trap height on captures of adult pea leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae), in celery. Journal Entomol. Soc. Ont. 136: 25-35.

Martínez, M. 1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 102 p.

Martínez, M. et J. Étienne. 2002. Liste systématique et biogéographique des Agromyzidae (Diptera) de la région néotropicale. Boll. Zool. Agr. Bachic., Ser.II, 34(1): 25-52.

Metcalf, R. L. and W. H. Luckman. 1991. Introducción al manejo de plagas de insectos. LIMUSA NORIEGA. ISBN 968-18-3275-2. Traducción al español Garcia, T. A. México, D.F. 710 p.

Milla, K. and S. Reitz. 2005. Spatial/temporal model for survivability of pea leafminer (*Liriomyza huidobrensis*) in warm climates: a case study in south Florida, USA. European Journal of Scientific Research. 7(5): 65-73.

Murphy, S. T. and J. La Salle. 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biocontrol. 20(3): 91-104.

- Musgrave, C. A., S. L. Poe and D. R. Bennett. 1975. Leaf miner population estimation in polycultured vegetables. Florida State Horticultural Society. 7076: 56-60.
- Neder, L. y M. Arce. 1984. Revisión y nuevos aportes al conocimiento bioecológico de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Acta zoológica Lilloana. 37(2): 295-301.
- Noyes, J. 2004. Universal chalcidoidea database. The Natural History Museum. (en línea). Disponible en: <http://www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids/>
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH-INIFAP-CIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, Méx. 414 p.
- Palacios, T. R. E. y N. Bautista M. 2004. Parasitismo de *Gronotoma melanagromyzae* Breadsley (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), en el arrocillo del tomate de cáscara *Melanagromyza tomaterae* Steyskal (Diptera: Agromyzidae). Acta Zool. Mex. (n.s.). 20(2): 237-238.
- Palacios, T. R. E., J. Romero N., J. Étienne., J. L. Carrillo S., J. M. Valdez C., H. Bravo M., S. D. Koch., V. López M. y A. P. Terán V. 2008. Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de agromyzidae (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.). 24 (3): 7-32.
- Parrella, M. P. 1984. Effect of temperature on oviposition, feeding, and longevity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Can. Ent. 116: 85-92.
- Parrella, M. P. 1987. Biology of *Liriomyza*. Ann. Rev. Entomol. 32: 201-224.
- Petcharat, J., Z. Ling., Z. Weiqiu., X. Zaifu and W. Quisong. 2002. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. J. Sci. Technol. 24(3): 467-472.
- Reitz, S. R. and J. T. Trumble. 2002. Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. Entomología Experimentalis et Applicata. 102(2): 101-113.

- Risco, B., E. Sierra., A. M. Golmirzale., J. Tenorio., M. Palacios y K. V. Raman. 1999. Control de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) con trampas pegajosas fijas y móviles en el cultivo de papa en Ica, Perú. Revista Peruana de Entomología. 1999.
- SAGARPA, 2006. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gob. del Edo. -OEIDRUS- (en línea) .Disponible en: <http://www.oeidrus-sinaloa.gob.mx/> . Accesado 20 de julio de 2008).
- Sahu, I. K., S. S. Shaw. and N. C. Mandawi. 2006. Basis of resistance in tomato genotypes against tomato leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess). J. Appl. Zool. Res. 17(1): 95-97.
- Salas, J., C. Álvarez., A. Parra y O. Mendoza. 1988. Biología y hábitos de vida de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard el pasador de la hoja de la papa (*Solanum tuberosum*). Agronomía Tropical. 38: 57-68.
- Salvo, A. y G. R. Valladares. 2007. Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas. Ciencia e Investigación Agraria. 34(3): 167-185.
- Schuster, D. J. and R. A. Wharton. 1993. Hymenopterous parasitoids of leaf-mining *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida. Environmental Entomology. 22(5): 1188-1191.
- Spencer, K. A. 1963. A synopsis of the neotropical Agromyzidae (Diptera). Transactions of the Royal Entomological Society of London. 115(12): 291-389.
- Spencer, K. A. 1973. The Agromyzidae (Diptera) of Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay). 7(2): 5-108.
- Spencer, K. A. and C. E. Stegmaier. 1973. Agromyzidae of Florida, with a supplement on species from the Caribbean. Arthropods of Florida and neighboring land areas. Florida Department of Agriculture and consumer services., Gainesville, Florida, U.S.A. 205 p.
- Spencer, K. A. and J. C. Steyskal. 1986. Manual of the Agromyzidae (Diptera) of the United States. United States Department of Agriculture. Washington. D. C. Agriculture Handbook. 638 p.
- Spencer, K. A., M. Martínez and J. Étienne.1992. Les Agromyzidae (Diptera) de

Guadeloupe. Annales de la Société Entomologique de France (N.S.). 28(3): 251-302.

Steck, G. J. 1996. Pea leaf miner, *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Entomology Circular Num. 378, Florida Dept. Agric. Cons. Serv. 3 pp.

Téllez, M. M., E. Sánchez., L. Lara y A. Urbaneja. 2005. Influencia de la densidad de *Liriomyza bryoniae* en la mortalidad provocada por los parasitoides *Chrysonotomyia formosa* y *Diglyphus isaea*. Bol. San. Veg. Plagas. 31: 385-395.

Trouvé, C. M., M. Phalip y C. Martin. 1991. Un nouveau ravageur en Europe. La mouche mineuse sud-américaine. Phytoma. 429: 42-46.

Van Driesche. R. G. and T. S. Bellows. 1996. Biological Control. Chapman & Hall. United States of América. 539 p.

Vega, P. B. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromícidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. ARACNET 11- Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa. 33: 293-307.

Wharton, R. A. 1997. Subfamily Opiinae. pp 379-396 in Wharton, R.A., P. M. Marsh. and M. J. Sharkey. (Eds.) Manual of the New World Genera of the Family Braconidae (Hymenoptera). Special Publications of the International Society of Hymenopterists 1.

Xu, P., Z. W. Wan, X. Chen., S. Liu and M. G. Feng. 2007. Immature morphology and development of *Opius caricivora* (Hymenoptera: Braconidae), an endoparasitoid of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 100(3): 425-432.

Yano, E. 2004. Recent development of biological control and IPM in greenhouses in Japan. Journal of Asia-Pacific Entomology. 7: 5-11.

