



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**EXPLORACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES NATIVOS
DE *Rhagoletis pomonella* WALSH
DIPTERA:TEPHRITIDAE) EN TEJOCOTE *Crataegus* spp.
EN COMUNIDADES DEL CENTRO DE MÉXICO**

ERICA MUÑIZ REYES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

La presente tesis titulada: **EXPLORACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES NATIVOS DE *Rhagoletis pomonella* WALSH (DIPTERA:TEPHRITIDAE) EN TEJOCOTE *Crataegus* spp. EN COMUNIDADES DEL CENTRO DE MÉXICO**, realizada por la alumna **ERICA MUÑIZ REYES**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:


DOCTORA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



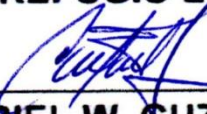
DR. JULIO SANCHEZ ESCUDERO

ASESOR



DR. J. REFUGIO LOMELI FLORES

ASESOR



DR. ARIEL W. GUZMÁN FRANCO

ASESOR



DR. ANIBAL QUISPE LIMAYLLA

ASESOR



DR. RAUL NIETO ANGEL

Montecillo, Texcoco, Estado, de México, agosto de 2011

EXPLORACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES NATIVOS DE *Rhagoletis pomonella* WALSH (DIPTERA:TEPHRITIDAE) EN TEJOCOTE *Crataegus* spp. EN COMUNIDADES DEL CENTRO DE MÉXICO

Muñiz-Reyes, Erica, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN GENERAL

El manejo del tefrítido *Rhagoletis pomonella* en zonas productoras de tejocote *Crataegus* spp. en México, se realiza bajo un esquema convencional basado en el uso de insecticidas químicos. Es importante considerar una transición agroecológica, que comience por la unidad productiva, para lo cual es esencial la participación de los productores agrícolas involucrados. La inclusión de la investigación social en este estudio permitió conocer la manera en la que los productores enfrentan el problema fitosanitario en este cultivo y las expectativas que tienen al respecto. Con base en lo anterior, se propuso buscar los enemigos naturales nativos con potencial de uso en el control biológico de *R. pomonella* que apoye la estrategia de conservación en los huertos. Se colectaron 2734 puparios de *R. pomonella* en dos sitios con presencia de tejocote. Se registró la emergencia de parasitoides. El porcentaje de parasitismo en ambos sitios fue de 31.7%. Del total de parasitoides, 25% correspondió a *Coptera* sp. (Diapriidae), lo cual es un nuevo reporte de parasitismo en pupas para este hospedante. El 3.4% correspondió al braconido *Utetes* near *canaliculatus*. El 2.3% perteneció a *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae), que es el primer reporte para la zona. Finalmente, <0.5% de parasitismo correspondió a *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae), el cual representa el primer reporte de esta familia atacando a *R. pomonella*. Por otra parte, se estudió la abundancia de hongos entomopatógenos encontrados en suelos asociados a *Crataegus* spp. En cuatro sitios de colecta se obtuvieron 26 aislamientos pertenecientes a las especies *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*. Nueve aislamientos de estos se seleccionaron para su evaluación en larvas y puparios de *Rhagoletis pomonella*. La tasa de mortalidad en larvas causada por *B. bassiana* no mostraron una diferencia significativa con los tratamientos ($X^2= 0.39$, $P= 0.853$), de la misma manera ocurrió con la mortalidad producida por *M. anisopliae* ($X^2= 0.24$, $P=0.788$). La proporción de mortalidad en puparios fue de cero. El presente estudio es el primero que trata la patogenicidad de hongos entomopatógenos contra *R. pomonella*.

Palabras clave: moscas de la fruta, organización campesina, asociación de cultivos, control biológico, parasitoides, hongos entomopatógenos, patogenicidad.

EXPLORATION OF NATIVE NATURAL ENEMIES OF *Rhagoletis pomonella* WALSH (DIPTERA:TEPHRITIDAE) ON MEXICAN HAWTHORN *Crataegus* spp. AT COMMUNITIES OF CENTRAL MEXICO.

Muñiz-Reyes, Erica, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

Population control of the tephritid *Rhagoletis pomonella* Walsh at hawthorn *Crataegus* spp. productive areas in México is made under a conventional scheme, based on chemical insecticides. It's important to consider a possible transition to ecological agriculture, beginning with the productive unit, for which is essential the participation of the farmers. The inclusion of the social aspect in this study permitted to know the way in which the farmers deal with the phytosanitarian problem of this crop and the expectations they have about the solutions. With these bases, it was proposed to study the natural enemies with potential use for biological control of *R. pomonella*, supporting the conservation strategy of the plantations. 2734 puparia of *R. pomonella* were collected in two sites with presence of hawthorn and emergence of parasitoids was registered. The percentage of parasitism in both sites was 31.7%. From the total of parasites, 25% were *Coptera* sp. (Diapriidae), which is reported for the first time for this host; 3.4% were *Utetes* near *canaliculatus* (Braconidae); 2.3% were *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae), which is the first record for this species in this area; and finally <0.5% belongs to *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae), which is the first record of this family parasiting *R. pomonella*. It was also studied the abundance of the entomopathogenic fungi found on *Crataegus* spp. associated soils. In a four days field work, 26 cultures from three fungi species were isolated: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus*. From these, nine cultures were selected for evaluation of mortality effect in larvae and puparia of *R. pomonella*. The mortality rate of the larvae caused by *B. bassiana* shown no significant differences with the treatments ($X^2= 0.39$, $P= 0.853$), the same occurred with the mortality produced by *M. anisopliae* ($X^2= 0.24$, $P=0.788$). There was no effect in the puparia mortality. This study represents the first precedent for the research of pathogenicity of entomopathogenic fungi against *R. pomonella*.

Key words: fruit fly, farmer organization, crop association, biological control, parasitoids, entomopathogenic fungi, pathogenicity.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento que hizo posible realizar mis estudios de Doctorado y al Colegio de Postgraduados (CP), por haberme otorgado la oportunidad de realizar mis estudios de Postgrado.

Al Programa de Entomología y Acarología por brindarme la oportunidad de formarme dentro de esta área.

Al Dr. Julio Sánchez Escudero por creer en mí y acompañarme en el camino agroecológico que elegí y defender la pertinencia de mi trabajo en el programa entomología. Por su motivación, sensibilidad a los problemas sociales por sus valiosas enseñanzas. Gracias por el apoyo personal que siempre estuvo presente y por el cariño sincero que siempre tuvo para mí.

A Refugio primero por ser mi amigo. Gracias por tu entusiasmo como profesor y por tu don para enseñar y transmitir tus conocimientos. El apoyo académico que me otorgaste fue fundamental para mi avance y culminación en esta investigación.

A Ariel por tu sencillez como persona y tu apoyo personal. Por las facilidades otorgadas para la realización de mi investigación y tus aportaciones a mi trabajo. A ambos gracias por apoyar llevar a cabo mi investigación bajo un enfoque agroecológico a pesar de que resultó complicado.

Al Dr. Nieto, gracias por la muestra de sensibilidad social la determinación para conseguir tantos logros a favor de los agricultores productores de tejocote en el país. Gracias por permitirme conocerlo de manera personal y por tener siempre un abrazo para mí.

Al Dr. Aníbal por su apoyo personal y académico. Gracias por haber tenido la apertura para trabajar con una entomóloga!!. Sus experiencias en el ámbito social fueron muy valiosas en mi investigación.

A la Lic. Padilla por todo su apoyo como estudiante durante mi estancia en la institución.

A la Dra. Mercedes Campos de la Estación Experimental del Zaidín (CSIC) de Granada, España por el apoyo y confianza durante mi estancia doctoral en ese país. A mis amigos Ciro, Oti, Vilmita, Mar, a los dos Jesu, Carlos, Belencita, Mario, Wikiluisa y Herminita, mil gracias a todos ustedes por su cariño, por hacerme sentir como en casa y desde luego por los momentos con cada uno de ustedes.

A Jorgito Valdés por tu amistad durante toda mi estancia en el Colegio que fue muy larga!!, gracias por tus extraordinarias fotografías y por ser “El profe”.

A la Dra. Raquel Alatorre por sus valiosas sugerencias en el trabajo de laboratorio y por resolver mis dudas en todo momento. Al Dr. Marcos Soto Hernández por apoyarme en mi primera etapa de investigación con extractos vegetales.

A los doctores de entomología que me aportaron desde un comentario de pasillo hasta una conferencia magistral todos los conocimientos que ahora tengo y que espero llevar a cabo con éxito en mi vida profesional en adelante.

Al Ing. Jesús Cárdenas Lozano, M.C. Guillermo Santiago Martínez y M.C. J. Manuel Gutiérrez Ruelas del programa Moscas de la Fruta (DGSV-SENASICA) por las facilidades e información otorgadas en mi investigación.

A Trini por ayudarme tanto en el laboratorio y por tu amistad tan especial para mí. A mis compañeros y amigos Nico, Ime, Nube, Everunda, Gabita, Jorge Vega, Alfonso, Fabián, Misa, Acatitla y a los que mi mala memoria no me permite nombrar!!

De manera super especial a Carlos, Katinaki y Jorge por todo lo vivido y su gran gran apoyo!!

JaV, que fortuna que los bombílidos existan!!

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI PADRE ANDRÉS MUÑIZ, QUIEN LEGÓ A MI ESPIRITU FUERZA, EMPEÑO Y AMOR A LA VIDA

A ti mami Silvia porque sé que siempre estarás conmigo.

A ti Arturito. Gracias por existir y hacerme la vida más ligera, por escucharte reír cada mañana, por tu extraordinario ingenio y por los mil besos que siempre tienes para mí !! Te amo.

A ti Andy. Tienes una manera muy especial de hacerte presente en este mundo. Tu existencia es de lo más hermoso que la vida me ha dado. Gracias por tu comprensión y apoyo en los momentos más difíciles. Te amo.

Jesús, gracias por compartir esto conmigo, por tu apoyo, tu presencia, tu sonrisa... tu amor no lo agradezco, pero lo atesoro. Te quiero.

INDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL.....	iii
ABSTRACT GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPITULO I. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE <i>Rhagoletis pomonella</i> EN HUERTOS DE TEJOCOTE <i>Crataegus</i> spp. DE LAS COMUNIDADES DE SAN AGUSTÍN ATZOMPA, PUEBLA Y SAN MIGUEL TLAIXPAN, TEXCOCO.....	5
Resumen.....	5
Abstract.....	6
1.1. Introducción.....	7
1.2. Materiales y Métodos.....	9
1.2.1. Comunidad de San Agustín Atzompa.....	10
1.2.2. Comunidad de San Miguel Tlaixpan.....	11
1.3. Resultados y Discusión.....	12
1.3.1. Productores de San Agustín Atzompa.....	12
1.3.1.1. Aspectos socio demográficos.....	13
1.3.1.2. Antecedentes de la comunidad y el tejocote.....	14
1.3.1.3. Aspectos técnicos.....	15
1.3.1.4. Conformación de los huertos comerciales.....	18
1.3.1.5. Cosecha y rendimientos.....	20
1.3.1.6. Comercialización del tejocote.....	20
1.3.1.7. Organización y gestión para la producción.....	21
1.3.2. Productores de San Miguel Tlaixpan.....	24
1.3.2.1. Aspectos socio demográficos.....	25
1.3.2.2. Antecedentes de la comunidad y el tejocote.....	25
1.3.2.3. Aspectos técnicos.....	26
1.3.2.4. Conformación de los huertos.....	30
1.3.2.5. Cosecha y rendimientos.....	31
1.3.2.6. Comercialización.....	31
1.3.2.7. Organización y gestión para la producción.....	32
1.4. Literatura citada.....	38
CAPÍTULO II. PARASITOIDES NATIVOS DE <i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EN TEJOCOTE <i>Crataegus</i> spp. EN EL CENTRO DE MÉXICO.....	41
Resumen.....	41
Abstract.....	42
2.1. Introducción.....	43
2.2. Materiales y Métodos.....	45
2.2.1. Sitio de colecta.....	45
2.2.2. Muestreo preliminar.....	46
2.2.3. Obtención del material biológico.....	46
2.2.4. Identificación del material biológico.....	47
2.2.5. Determinación del porcentaje de parasitismo.....	48
2.3. Resultados y Discusión.....	49
2.3.1. Diapriidae.....	52

2.3.2. Braconidae.....	54
2.3.3. Bombyliidae.....	58
2.4. Literatura citada	60
CAPITULO III. OCURRENCIA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS ASOCIADOS AL TEJOCOTE <i>Crataegus</i> spp. Y SU EVALUACIÓN EN ESTADOS INMADUROS DE <i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh.....	64
Resumen.....	64
Abstract.....	65
3.1. Introducción.....	66
3.2. Materiales y Métodos.....	67
3.2.1. Ocurrencia de hongos entomopatógenos asociados a tejocote <i>Crataegus</i> spp.....	67
3.2.1.1. Sitio de colecta.....	67
3.2.1.2. Obtención de muestras de suelo.....	67
3.2.1.3. Colonia de <i>Galleria mellonella</i>	68
3.2.1.4. Aislamiento de hongos entomopatógenos.....	69
3.2.1.5. Obtención de aislamientos a partir de larvas infectadas de campo.....	69
3.2.1.6. Cultivos monospóricos y preservación.....	70
3.2.1.7. Identificación de aislamientos.....	70
3.2.1.8. Análisis de datos.....	71
3.2.2. Susceptibilidad de estados inmaduros de <i>Rhagoletis pomonella</i> a aislamientos de hongos entomopatógenos.....	71
3.2.2.1. Obtención de larvas de <i>R. pomonella</i>	71
3.2.2.2. Aislamientos de hongos entomopatógenos nativos.....	71
3.2.2.3. Obtención de conidios	72
3.2.2.4. Inoculación de larvas de <i>R. pomonella</i>	72
3.2.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	73
3.2.3. Susceptibilidad de puparios de <i>Rhagoletis pomonella</i> a aislamientos de hongos entomopatógenos.....	73
3.2.3.1. Obtención de puparios de <i>R. pomonella</i>	73
3.2.3.2. Aislamientos de hongos entomopatógenos.....	73
3.2.3.3. Inoculación de puparios.....	74
3.2.3.4. Diseño experimental y análisis estadístico.....	74
3.3. Resultados y Discusión.....	75
3.3.1. Ocurrencia de hongos entomopatógenos asociados a tejocote <i>Crataegus</i> spp.....	75
3.3.2. Susceptibilidad de estados inmaduros de <i>Rhagoletis pomonella</i> a aislamientos de hongos entomopatógenos.....	82
3.3.3. Susceptibilidad de puparios de <i>Rhagoletis pomonella</i> a aislamientos de hongos entomopatógenos.....	84
3.4. Literatura citada.....	89
CONCLUSIONES GENERALES.....	96

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Lista de insecticidas químicos utilizados en el control de <i>R. pomonella</i> indicada por los productores encuestados.....	16
2	Rendimiento promedio de tejocote en San Agustín Atzompa, Puebla.....	20
3	Especies de parasitoides reportados atacando a <i>Rhagoletis pomonella</i>	44
4	Parasitoides nativos de <i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh asociados a tejocote en el Banco de Germoplasma de <i>Crataegus</i> spp., Texcoco, México.....	50
5	Parasitoides nativos de <i>Rhagoletis pomonella</i> Walsh asociados a tejocote <i>Crataegus</i> spp. en la comunidad de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, México.....	51
6	Aislamientos de hongos entomopatógenos provenientes de suelo asociados a tejocote <i>Crataegus</i> spp.....	75
7	Características físico-químicas de suelos colectados para aislamiento de hongos entomopatógenos.....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Referente teórico del proceso autogestivo de comunidades campesinas. Esquema propuesto por Sánchez (2008).....	34
2	Adulto hembra de <i>Coptera</i> sp.....	53
3 A-H	Estructuras de adulto hembra de <i>Coptera</i> sp. A. Vista lateral cabeza. B. Vista dorsal cabeza. C. Vista dorsal abdomen. D. Alas anterior y posterior. E. Vista dorsal de tórax. F. Vista lateral de tórax. G. Antenas. H. Vista lateral abdomen.....	53
4 A-F	Estructuras de adulto macho de <i>Coptera</i> sp. A. Vista lateral cabeza. B. Vista dorsal abdomen. C. Alas anterior y posterior. D. Vista dorsal de tórax. E. Vista lateral de tórax. F. Antenas.....	54
5 A-F	A. Hembra del braconido <i>Diachasmimorpha mexicana</i> . B. Alas anterior y posterior. C. Vista lateral tórax. D. Vista lateral cabeza. E. Vista lateral tórax. F. Vista frontal cabeza.....	56
6 A-F	A. Hembra del braconido <i>Utetes near canaliculatus</i> . B. Vista frontal cabeza. C. Alas anterior y posterior. D. Vista lateral cabeza. E. Vista dorsal tórax. F. Vista lateral tórax.....	57
7 A-B	A. Adulto de <i>Hemipenthes blanchardiana</i> B. Patrón de manchas de ala anterior.....	59
8	Proporción de aislamientos totales recuperados en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.....	76
9	Proporción de aislamientos de <i>B. bassiana</i> obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.....	77
10	Proporción de aislamientos de <i>M. anisopliae</i> obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.....	77
11	Proporción de aislamientos de <i>P. fumosoroseus</i> obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.....	78
12	Proporción de infección de larvas de <i>R. pomonella</i> por aislamientos de <i>B. bassiana</i> . Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% obtenida a partir de la escala logística.....	83
13	Proporción de infección de larvas de <i>R. pomonella</i> por aislamientos de	

	<i>M. anisopliae</i> . Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% obtenida a partir de la escala logística.....	83
14 A-B	A) Conidias de <i>Metarhizium anisopliae</i> adherida sobre la cutícula del pupario de <i>Rhagoletis pomonella</i> . B) Conidia germinada e iniciando proceso de degradación de cutícula del pupario.....	86
15 A-B	A) Conidias de <i>M. anisopliae</i> atrapadas en pliegues de la cutícula del pupario de <i>R. pomonella</i> . B) Conidias en la zona de espiráculos.....	86
16 A-B	A) Conidias de <i>Beauveria bassiana</i> en la superficie del pupario de <i>R. pomonella</i> . B) Conidias de <i>B. bassiana</i> mostrando el inicio de la germinación y degradación de la cutícula.....	87
17	Figura 17. Adultos de <i>R. pomonella</i> infectados por <i>B. bassiana</i> por contacto con las conidias al emerger del pupario.....	87

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es un país mega diverso en especies animales y vegetales, dentro de éstas últimas se incluyen los árboles frutales, los cuales presentan gran importancia para la sociedad (Nieto 2007), ya que muchos de éstos son utilizados desde la época prehispánica, uno de ellos es el tejocote (*Crataegus* spp.), el cual agrupa alrededor de 150 especies, 13 de ellas se encuentran en México. El nombre del tejocote proviene del Náhuatl, *texocotl*: “tetl” piedra y “xocotl” fruto y México se considera como su posible centro de origen (Phipps 1983).

El tejocote es aprovechado como portainjerto de otros frutales, forraje, fuente de pectina, ornamental, medicinal, mejorador de suelos, además de su utilización para la preparación de licores tradicionales y conservas (Nieto-Angel & Borys 1991). Los frutos forman parte de la ofrenda de la celebración del día de muertos, así como para el relleno de las piñatas y el ponche en las fiestas decembrinas.

Esta especie se adapta a diversas condiciones ambientales, por lo que es posible encontrarlo como parte de huertos familiares, donde se conjuntan atributos económicos, sociales y ecológicos inmersos en la producción de elementos satisfactorios (Gispert et al. 1993). También se encuentra establecido en plantaciones comerciales y se observa en asociación con otras especies vegetales. La distribución del frutal es en zonas montañosas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y de la Sierra Madre Sur, así como en el Eje Neo-volcánico, en los estados de Veracruz, Querétaro, Morelos, Michoacán, Jalisco, Puebla y Estado de México.

Este cultivo experimenta diversas limitantes para su producción, entre ellas plagas y enfermedades. Destacan dos principales, el picudo o barrenador del tejocote *Conotrachelus crataegi* Walsh y la mosca de la fruta *Rhagoletis pomonella* Walsh.

R. pomonella ha sido desde hace varias décadas una seria limitante para la producción en diversas áreas productoras de tejocote, mermando la calidad y movilización del producto. El daño provocado por este insecto ha reducido

considerablemente la calidad en la producción, lo que ha llevado en algunos casos al abandono de plantaciones o derribo de árboles y cambio por otras especies frutales u ornamentales.

Las acciones para el control de *R. pomonella* son pocas en comparación con el resto de los tefrítidos en México, y se han basado fundamentalmente en el control químico del cual sus efectos en la salud humana y el medio ambiente son ampliamente conocidos en todo el mundo. En nuestro país, los investigadores y autoridades fitosanitarias han mostrado interés en proponer estrategias alternativas para regular las poblaciones de Moscas de la Fruta, las cuales se plasmaron a través de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (DGSV, 2003). Al respecto el MIP ha sido una estrategia importante para el manejo fitosanitario de los cultivos, sin embargo en la práctica se ha basado principalmente en el control químico, aunque en algunos casos se ha permitido la incorporación de controladores biológicos, entre otras estrategias también incluidas.

Por su parte los fundamentos de la Agroecología proponen conocer las interacciones de las especies en el contexto de comunidad y plantea la necesidad de un cambio en la forma de desarrollar los sistemas productivos, buscando interacciones benéficas y propiedades emergentes que no solo reducen la necesidad de insumos externos sino que también pueden incrementar los rendimientos (Altieri & Nicholls 2000, Guzmán et al. 2000). Como fundamento, la teoría ecológica coadyuva en el diseño de sistemas agrícolas menos vulnerables a la aparición de plagas, ya que parte de la premisa de toda población de organismos es regulada en su densidad a través de la acción de diversos factores entre los que se encuentran los enemigos naturales como virus, bacterias, hongos, nematodos, depredadores, parásitos y parasitoides (Huffaker et al. 1971).

Sin embargo, el grado de recuperación o resiliencia y la estabilidad en un agroecosistema no están estrictamente determinados por factores bióticos o abióticos, los factores sociales pueden también afectar los sistemas agrícolas, de manera tan determinante como los anteriores. En relación a esto cabe destacar la necesidad de reconsiderar tanto el deterioro ambiental como los impactos

socioeconómicos y culturales que han producido la aplicación de los enfoques basados en la transferencia de paquetes tecnológicos de alto uso de insumos convencionales, en donde se ha ignorado no sólo el conocimiento local acerca del manejo de los cultivos y las necesidades productivas y económicas particulares, sino incluso sus necesidades mismas en cuanto a la problemática real que tienen en su unidad de producción. El papel del hombre en la agricultura debe reconocerse como un elemento más en el análisis del sistema agrícola, ya que es un participante activo del proceso de generación y transferencia de conocimiento y tecnología (Mariaca 1993, Hernández 1977).

Al respecto, es preciso partir de principios que promuevan un desarrollo dirigido a una sostenibilidad agrícola integral (Altieri 1999, Gliessman 2000), lo cual requiere promover acciones de investigación que consideren el sistema de producción en forma holística (López 2007, Mata 2007), de manera que en su transferencia se consideren las necesidades, prioridades y racionalidades productivas de los agricultores (Mata 2007, Vázquez 2004), quienes pueden aportar sus experiencias y contribuir con elementos básicos para lograr la adopción de las tecnologías desarrolladas (Altieri & Nicholls 2007).

Por todo lo anteriormente señalado el desarrollo de la presente investigación tuvo como objetivos los siguientes:

Objetivo general

Explorar la abundancia de enemigos naturales nativos de *R. pomonella* y evaluar en laboratorio hongos entomopatógenos provenientes de suelo asociado a tejocote, así como describir la problemática de la plaga en el contexto social de las comunidades en estudio, que permita dar una base para el diseño de un manejo alternativo.

Objetivos específicos

- Analizar y describir en un contexto social la problemática de la presencia de *R. pomonella* en dos comunidades con diferente nivel productivo, ecológico y económico de tejocote.

- Explorar e identificar parasitoides nativos de *R. pomonella* en las regiones productoras de tejocote.
- Determinar la abundancia de hongos entomopatógenos nativos en suelo asociado al cultivo de tejocote.
- Evaluar la patogenicidad de aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* provenientes de suelo, en larvas y pupas de *R. pomonella*.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE *Rhagoletis pomonella* EN HUERTOS DE TEJOCOTE *Crataegus* spp. DE LAS COMUNIDADES DE SAN AGUSTÍN ATZOMPA, PUEBLA Y SAN MIGUEL TLAIXPAN, MEXICO

RESUMEN

Se estudiaron dos comunidades productoras de tejocote *Crataegus* spp. en el centro de México las cuales poseen diferente nivel productivo, ecológico y económico. El objetivo de este trabajo fue analizar bajo un contexto social, el impacto de la presencia de la mosca del tejocote *Rhagoletis pomonella* y la manera en como los productores la han manejado desde el inicio de sus plantaciones. En la comunidad de San Agustín Atzompa, Puebla las plantaciones de tejocote son comerciales y derivado de un programa de podas y manejo fitosanitario se ha logrado mantener a *R. pomonella* a bajos niveles, con una mejor comercialización de un producto con calidad. Además de esto, la oportuna organización por parte de algunos productores desde el 2004 logró potencializar su comercialización a nivel nacional. La comunidad de San Miguel Tlaixpan, México, el cultivo tuvo auge económico con la venta del frutal hasta finales de los ochenta y en algunos casos unos años más, sin embargo, el manejo inadecuado de plagas año tras año provocó que en la actualidad la infestación por *R. pomonella* sea del 100%. Lo anterior muestra un escenario poco promisorio para el rescate del frutal en esta comunidad, acentuado por la falta de organización, la urbanización y falta de apoyos al campo en todo el municipio.

Palabras clave: Organización campesina, asociación de cultivos, plagas, investigación social.

CHAPTER I

ANALYSIS OF THE PROBLEMS RELATED TO *Rhagoletis pomonella* IN MEXICAN HAWTHORN ORCHARDS *Crataegus* spp. IN SAN AGUSTIN ATZOMPA, PUEBLA AND SAN MIGUEL TLAIXPAN, MEXICO COMMUNITIES

ABSTRACT

Two communities that produce Mexican hawthorn *Crataegus* spp. were studied in central Mexico, these communities have different level of production, economies, and also a different type of ecologic environment. The aim of this work was to analyze from a social context the impact of the maggot fly *Rhagoletis pomonella* and how the farmers have been dealing with the problem from the beginning of plantation. In the community of San Agustin Atzompa, Puebla the hawthorn orchards are commercial and derived from the program of pruning and pest management, maggot fly *R. pomonella* has been kept at low levels in the plantations, improving the marketing of a good quality product. In addition, the timely organization by some farmers since 2004 did potentiate the national marketplace. In San Miguel Tlaixpan, Mexico, the crop had a boom with the sale of fruit until the late 1980's, and in some cases a few more years, however, inadequate management of pests every year now caused the infestation by *R. pomonella* is 100%. The above shows a bleak scenario for the rescue of fruit in this community, exacerbated by a lack of organization, urbanization and lack of financial aid around the town.

Key words: Farmer organization, crop association, pests, social research.

1.1 INTRODUCCIÓN

El movimiento agronómico de la Revolución Verde en el mundo y en nuestro país, significó un giro completo en la perspectiva de los productores acerca de cómo y qué se debía producir centrándose en cultivos de importancia económica de mercado para obtener mayor rentabilidad y mayores ganancias, con la adopción de tecnologías que si bien contribuyeron en un momento a lograr este aumento en rendimientos y ganancias, con el paso del tiempo se notaron las consecuencias a nivel ambiental, económico y social aunado a una gran dependencia tecnológica (Altieri 1995, Gliessman 1998, Guzmán et al. 2000, Altieri & Nicholls, 2007). Así mismo la investigación, transferencia tecnológica y apoyos gubernamentales, se ha centrado mayormente en los productores de grandes extensiones y recursos económicos, olvidando la problemática de los productores de cultivos tradicionales, a pesar de que aportan cultivos autóctonos y especies de recolección tales como el maíz, frijol, amaranto, quelites, quintoniles, cacao, vainilla, chiles, papa, jitomate, tomate, calabaza, nopales y diversos frutales como el capulín, tejocote, entre muchos otros que proporcionan un suministro importante para el consumo regional. Al respecto, Mata (2007) menciona que las malas condiciones de los productores agrícolas de autosuficiencia se han generado por la aplicación desarticulada, inequitativa y paternalista de las diversas políticas sexenales hacia la población del medio rural, lo cual generó la exclusión de estos actores sociales del proceso del desarrollo nacional.

Consciente de esta situación, a finales de los años 70's, Hernández (1977) con su grupo de trabajo en Tecnología Agrícola Tradicional (TAT) promovió el entendimiento de tales sistemas para el desarrollo de modelos autogestivos en México, propuso dar atención a la comprensión de la lógica y funcionamiento total del sistema, en el cual se debe comprender lo que sucede en el agroecosistema, estudiándolo desde sus perspectivas ecológica, tecnológica y socioeconómica, con una visión histórica y el hombre como centro de este eje. Así mismo, se propuso que el investigador debía contribuir a la promoción de procesos participativos y autogestivos, con los cual los productores agrícolas podrían tener las herramientas suficientes para promover y construir su propio desarrollo con justicia y libertad basándose en el conocimiento de la naturaleza, la experiencia

productiva y en su propia cultura agrícola, pero además, en la adopción de avances o propuestas tecnológicas adaptadas a las condiciones de las comunidades desarrolladas en los centros de investigación.

Ante este análisis, diversos autores han sugerido la construcción de lo que llaman “otro” desarrollo rural cuyas características incluyen el ser alternativo, reversible, con decisiones tomadas desde la base y desde adentro de las comunidades, incluyente, participativo, sostenible, comunitario, local, empoderador y centrado en los grupos marginales y pobres del campo (Mata 2007).

Por otra parte, en relación al registro de la superficie cultivada del tejocote, es escaso y variable, SAGARPA-SOMEFI (2006) reportan una producción de 3 734 Ton Ha⁻¹ en todo el país, mientras que la Secretaria de Desarrollo Rural de Puebla, reporta que en 2009 la producción anual sólo para el estado de Puebla fue de 15 mil Ton Ha⁻¹ y la superficie destinada a este cultivo fue de 7 mil hectáreas, mientras que 11 municipios de este estado son fuertes productores de tejocote (SDR 2009) y este mismo organismo reporta en 2010 una superficie plantada de 558 Ha con una producción de 2 931 Ton/Ha en el estado de Puebla. Finalmente, la base de datos del INEGI indica que Puebla participa con 458 hectáreas y un rendimiento promedio de 7.2 Ton Ha⁻¹, mientras que el Estado de México cuenta con 30 hectáreas y una producción de 6.2 Ton Ha⁻¹, cifras tan discordantes, reflejan la falta de consistencia en la toma de datos y la investigación en este cultivo. En muchos de estos casos, los productores tienen el tejocote cultivado en huertos familiares o bien en arreglos de tipo comercial.

El desarrollo de este capítulo trata de hacer notar la importancia de la indagación social en la toma de decisiones sobre el por qué, para qué, para quién y cómo hacer investigación científica-biológica con una base de acción participativa. La ineludible inclusión de este enfoque nos puede aportar información acerca de las necesidades que los productores agrícolas consideran como importantes para el desarrollo de sus comunidades y sus cultivos, así mismo observar el problema particular desde una perspectiva más holística, con miras a reconocer las capacidades de los productores definidas y conceptualizadas desde la teoría social como el potencial para un desarrollo rural endógeno (Guzmán et al. 2000)

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivos analizar y describir en un contexto social la problemática de la presencia de *R. pomonella* en el cultivo del tejocote dos comunidades con diferente nivel productivo, ecológico y económico.

1.2 MATERIALES Y METODOS

El método utilizado para abordar este capítulo fue el descriptivo analítico de las Ciencias Sociales. Específicamente para obtener los datos de campo se incluyeron procedimientos cualitativos y cuantitativos, como la entrevista, la encuesta y la observación directa (en ocasiones la participativa).

Características de las técnicas de indagación social utilizadas.

1. Observación ordinaria o no participante. Es una técnica de recopilación de datos ya que se rige por una búsqueda deliberada, llevada a cabo con premeditación (Callejo 2001). Este tipo de observación implica que el investigador no forma parte de la vida diaria del grupo, toma nota de lo observado sin inmiscuirse en las actividades (Delgado 1994, Rojas 2006).
2. Observación participante. En este tipo de observación el investigador toma parte de las actividades del grupo y se extrae información desde el interior de este (Rojas 2006).
3. Entrevista individual no estructurada. Esta se basa en una guía general de los temas a tratar, permitiendo al informante expresar libremente sus opiniones, actitudes e ideas (Sierra 1995) esto se realiza a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el tema propuesto. Este tipo de entrevista es más flexible y su contenido, orden, profundidad y formulación se encuentran por entero en manos del entrevistador (Callejo 2001).
4. La encuesta incluye el muestreo y la aplicación del cuestionario. Este último es un instrumento para acopio de datos estandarizados que hace operativas las variables objeto de observación e investigación, por ello las preguntas de un cuestionario son los indicadores. Las personas participan respondiendo a las preguntas que se plantean con la finalidad de “extraer” la información mediante la utilización de esta técnica escrita (Blumberg 1999).

Para la presente investigación, el diseño del cuestionario se realizó con base en preguntas que nos acercaran a indagar acerca perspectiva del productor sobre de la presencia de la mosca del tejocote. El cuestionario constó de preguntas divididas en siete secciones que incluyeron:

1. Identificación del entrevistado.
2. Aspectos socio demográficos.
3. Antecedentes de la comunidad y el tejocote
4. Aspectos técnicos
5. Conformación de los huertos
6. Comercialización
7. Cosecha y rendimientos
8. Organización y gestión para la producción

También se incluyó un apartado final donde ellos colocaron sus opiniones personales así como sus expectativas respecto al cultivo. Todas las preguntas del cuestionario se codificaron para identificar posteriormente las respuestas cuantitativas y cualitativas y de esta manera se obtuvieron datos que fueron procesados en Excel (ver. 2007) para determinar porcentajes, frecuencias y promedios de los datos obtenidos. Las aplicación de las técnicas de observación y entrevista abierta se realizaron a lo largo del tiempo de investigación, mientras que el cuestionario solo se aplicó en la etapa final para complementar la información.

Sitio de estudio. La investigación se llevó a cabo con productores de huertos de la comunidad de San Agustín Atzompa, Chiantzingo, Puebla y de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, Edo. de México en el segundo año de investigación.

1.2.1 Comunidad de San Agustín Atzompa. Se realizó la observación ordinaria participante y no participante a través de la asistencia a reuniones de los productores y con autoridades de Sanidad Vegetal, recorridos en campo y visitas al centro de acopio. Cabe mencionar que en esta comunidad las reuniones colectivas también participaron productores de municipios aledaños como Calpan,

Domingo Arenas, Huejotzingo, San Felipe Teotlalcingo, San Salvador el Verde, las cuales tenían una problemática similar en cuanto a la producción y comercialización de este cultivo. De la misma manera, otras reuniones específicas de capacitación fueron la “1er Feria del Tejocote” organizada en Calpan (2007) y el “Taller sobre la mosca de la manzana *Rhagoletis pomonella*” (2009), con la colaboración del personal de la Campaña Nacional de Moscas de la Fruta (DGSV-SENASICA) en la comunidad de estudio.

Las entrevistas no estructuradas se aplicaron a algunos productores de manera informal directamente en sus parcelas y en las diversas reuniones ya mencionadas. En ambas comunidades, la muestra poblacional para el cuestionario se realizó considerando la disponibilidad de los productores a encuestar, por lo que en San Agustín se aplicaron 21 cuestionarios.

1.2.2. Comunidad de San Miguel Tlaixpan. La observación ordinaria participante y no participante se llevó a cabo a través de recorridos en campo, así mismo, en reuniones colectivas como las del grupo de regantes y una de capacitación sobre el tema de plagas en tejocote con la participación del Ing. Pedro Pascasio Espinosa, representante de la Comisión Nacional Áreas Protegidas del Parque Nacional Molino de Flores y habitante de San Miguel, quien además apoyó en la elaboración de trípticos para difundir información el manejo de la mosca en la comunidad (Anexo 2). Los folletos se distribuyeron entre la población y se invitó a participar en la capacitación a la que asistieron 23 personas.

El cuestionario se aplicó a productores dispuestos a colaborar con la actividad, utilizando preguntas que se adecuaron a las características propias de la comunidad, por lo que el mismo contrasta con el realizado en San Agustín Atzompa. Cabe hacer notar que en San Miguel Tlaixpan, desde hace 20 años, no existe un registro de productores del tejocote, por lo que el tamaño de muestra para la aplicación del cuestionario fue de 14 personas.

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados y discusión se enuncian en conjunto y de acuerdo a las secciones del cuestionario, así mismo, la información se complementa con la recopilada mediante las otras técnicas de indagación ya mencionadas.

1.3.1. Productores de San Agustín Atzompa. En esta comunidad el Sr. Dalmasio Jiménez Martínez, uno de los productores entrevistados, tuvo un papel importante en el comienzo de una nueva etapa sobre el manejo de sus huertas, ya que al regresar de trabajar de Estados Unidos de Norteamérica, propuso que se retomara el cultivo del tejocote el cual ya estaba en decadencia por el bajo precio debido a la mala calidad originada por el ataque de las plagas.

Por otra parte, en conjunto con otros factores favorables como la llegada de remesas de migrantes de esta comunidad y el apoyo técnico del Dr. Raúl Nieto Angel, investigador de la Universidad Autónoma Chapingo, se logró despertar el interés de los productores para organizarse y atender el cultivo debido al gran potencial que tiene en diversas formas de uso. Esto hizo posible el inicio del programa de “Podas de saneamiento del tejocote”, lo cual llevó a un fuerte cambio en el estado fitosanitario del cultivo.

Todo lo anterior propició que muchos productores que habían emigrado a Estados Unidos regresaran para participar en este proyecto y así generar ingresos que podrían mejorar el nivel social y económico de las familias, lo cual puede ser posible si consideramos la ganancia por el precio del fruto logrado a través de la organización.

Este caso ha servido de motivación y modelo para productores de tejocote de pueblos aledaños, ya que han valorado tanto las acciones de liderazgo del Sr. Dalmasio como las prácticas emprendidas a nivel de organización grupal, tales como las “brigadas de saneamiento” que se detallarán en lo posterior. Así mismo se vislumbra una posibilidad de beneficios a un nivel mayor, lo cual ha sido un pensamiento consistente en los productores entrevistados.

Durante el tiempo de investigación se observó la visita constante de autoridades de la Secretaría de Desarrollo Rural Estatal (SDR), y el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Puebla (CESAVEP) para coadyuvar en las propuestas de solución de la problemática en la región, teniendo como prioridad la fitosanidad de los cultivos, un ejemplo de ello es la incorporación de plantaciones al programa de Huertos Temporalmente Libres de Mosca de la Fruta, el cual es una acción establecida a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (SAGARPA).

1.3.1.1 Aspectos socio demográficos. La edad promedio de los entrevistados fue de 44 años, aunque es notoria la inserción de nuevas generaciones con productores jóvenes que participan en las actividades del campo, lo cual hace suponer que hay una expectativa, no solo en este cultivo sino en las actividades agrícolas. Todos los encuestados fueron hombres, sin embargo de acuerdo al conjunto de datos es notoria la escasa participación de la mujer en las actividades del campo, no obstante, están presentes en otras tales como: la selección o clasificación de los frutos dañados en el centro de acopio y en apoyo a una acción comunitaria en la preparación de los alimentos para quienes ahí trabajan. Otra contribución de la mujer se refiere a la preparación artesanal de conservas del tejocote para autoconsumo y venta de excedente, una actividad que ha sido resaltada como un potencial de desarrollo regional en las ferias anuales que sobre el tejocote se han organizado a partir del 2008.

El número promedio de integrantes que dependen de los productores entrevistados fue de cinco, principalmente esposa e hijos. El grado de escolaridad pertenece al primer año de secundaria, sin embargo ocho de ellos cursaron hasta el tercer grado, factor que podría facilitar la capacitación y el uso de algunas herramientas informáticas y equipos de tecnología actual así como la gestión administrativa en las diferentes instituciones gubernamentales para el trámite de apoyos específicos como lo fue la conformación del Sistema Producto Tejocote. Un ejemplo de requerimientos específicos serían aquellos manifestados en las entrevistas sobre temas relacionados con la certificación de los huertos bajo la producción orgánica en el régimen de órgano interno de control, o bien la de Buenas Prácticas Agrícolas y de Manejo, en las cuales se hace necesaria, entre

otros, la sistematización de información y de manejo en diferentes tipos de bitácoras.

En continuidad a lo anterior, los productores de esta comunidad indican que para ellos es importante promover la asistencia a la escuela de los jóvenes que los apoyan en sus tiempos libres en las actividades del campo y una vez que terminan sus estudios de educación básica los apoyan para ir a la ciudad de Puebla a continuar la preparatoria y la universidad, una situación que contrasta con su propia experiencia, ya que antiguamente las actividades del campo eran prioritarias y las oportunidades de estudio eran casi imposibles. Ellos consideran que el campo requiere de mucho trabajo y tiene poca remuneración, sin embargo, con el actual desarrollo de la comunidad alrededor del tejocote, la situación de las nuevas generaciones se percibe de manera diferente, al grado que algunos mencionaron tener a sus hij@s en la Universidad Autónoma Chapingo porque planean desarrollar bajo una conjunción de conocimientos tradicionales y técnicos la producción relacionada con el tejocote, una perspectiva que comparte la propuesta teórica del desarrollo agroecológico a través de un “diálogo de saberes” (Altieri 1983, Guzmán et al. 2000).

1.3.1.2 Antecedentes de la comunidad y el tejocote. De acuerdo con los datos obtenidos, existe un total de 100 Ha de pequeña propiedad y la tenencia va de 0.5 a 1.5 Ha. En ejido hay alrededor de 400 Ha y en promedio se poseen 2-3 Ha por productor. La superficie cultivada con tejocote es 400 Ha de los cuales 280 Ha se encuentran en plena producción y el resto están en crecimiento. Cada productor cuenta con 184 árboles de tejocote de diversas edades, algunos de los cuales fueron heredados, otros los plantaron con sus padres o bien por ellos mismos e indican que tienen árboles desde hace 39 años y en algunos casos han incrementado la cantidad en sus huertas. Al principio de la plantación el tejocote era ligeramente importante en la economía familiar de los productores mientras que actualmente ha cobrado una importancia mayor. El 75% de los productores indicaron que desde un inicio tuvieron plantaciones comerciales, entendidas como aquellas con separación consistente entre árboles y calles, mismas donde se tiene establecidas especies anuales o perennes.

Es importante destacar que algunos productores consideraron que sus huertos no son comerciales pues refieren que el número de árboles que ellos poseen es muy pequeño en comparación con el de huertas comerciales de cultivos de importancia económica en México como el durazno y aguacate.

El cuanto al rendimiento del tejocote, el rango de datos es muy variable, ya que al inicio de la plantación era de 115 kg/árbol, mientras que a la fecha es de 230 Kg/árbol; por su parte, datos del grupo de trabajo Sistema Producto Tejocote (STP) reportan 100 Kg/árbol y el rendimiento por hectárea se estima en 6 Ton.

1.3.1.3 Aspectos técnicos. Los productores consideran que los problemas del cultivo de tejocote, en orden de importancia son: las plagas, la comercialización y la baja producción. El 85% de los productores mencionó que al principio de la plantación el problema de plagas prácticamente no existía, por lo que obtenían frutos sanos en un 98.5%, sin embargo, actualmente la cosecha de frutos sanos en huertas con manejo fitosanitario es del 79%. Además de la problemática mencionada, no existe una clara identificación de la causa del daño en el fruto, pues la morfología de las dos plagas presentes, la mosca *R. pomonella* y el picudo *Conotrachelus crataegi* en estados larvales es confusa para los productores. Lo anterior se muestra porque el 55% de los productores afirman que el daño severo en las huertas no tratadas con productos químicos es provocado por *R. pomonella*, sin embargo, con sustento en la observación directa y muestreo de frutos en huertos de los productores encuestados, se obtuvo que el 90% de daño es inducido por el picudo (*Conotrachelus crataegi*) y solo un 3% de daño por larvas de *R. pomonella*, lo anterior puede influir en la inadecuada elección de los productos a aplicar para controlar las plagas.

En cuanto a otras actividades agrícolas, los productores manifestaron no utilizar los recursos locales (plantas con propiedades insecticidas) como parte de control de plagas; 35% efectúa control de malezas de manera manual en su mayoría, 45% trabaja las labores culturales como barbechos o cajetes; sólo el 15% respondió que realiza la aplicación de abono orgánico en forma de estiércol y el 65% de los encuestados realiza remoción del suelo en toda la parcela. La recolección de frutos caídos es realizada por el 80%, pero de éstos, sólo el 35%

entierran los frutos a la profundidad adecuada y agregan cal. En ocasiones es posible vender el fruto infestado, por lo que tratan de no dejar frutos en la parcela y así obtener el mayor beneficio económico, no obstante, hay quienes prefieren arrojar los frutos dañados a barrancos o simplemente dejarlos fuera de la parcela. Como sugerencia técnica se ha indicado que la práctica de recolección y enterrado de frutos es una de las más importantes que deben realizarse para disminuir poblaciones de *R. pomonella* en cada ciclo.

El uso de trampas conocidas por los productores como “trampas matadoras” de fabricación rústica, a base de malatión+proteína hidrolizada, son utilizadas por menos del 40% de los productores, aunado a que en ocasiones el contenido de la trampa no se reemplaza en el tiempo indicado y con ello se reduce la efectividad de la trampa en su función de atracción y captura del insecto. El control químico es considerado la parte más importante de su esquema de manejo de plagas, pues el 65% lo realiza en sus parcelas. Los productores señalaron los insecticidas que comúnmente utilizan para el manejo de la mosca, de los cuales solamente Malatión (malatión-OF)+proteína hidrolizada está recomendada para moscas de la fruta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de insecticidas químicos utilizados en el control de *R. pomonella* indicada por los productores encuestados.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo Toxicológico	Categoría Toxicológica
Cyperel®	Cipermetrina	Piretroide (PIR)	Moderadamente tóxico
Ambush®	Permetrina	Piretroide	Moderadamente tóxico
Malatión + proteína hidrolizada	Malatión	Organofosforado (OF)	Ligeramente tóxico
Karate®	Lambdacihalotrina	Piretroide	Ligeramente tóxico
Mustang®	Z-cipermetrina	Piretroide	Ligeramente tóxico
Disparo®	Clorpirifós y etil+permetrina	OF + PIR	Moderadamente tóxico
Furadan®	Carbofurán	Carbamato	Altamente tóxico
Látigo EC®	Clorpirifós+cipermetrina	OF + PIR	Altamente tóxico
Foley®	Paratión metílico	Organofosforado	Extremadamente tóxico

Como se observa en el cuadro anterior, la mayoría de los productos utilizados se ubican en una categoría toxicológica de moderada a extrema, por lo que existe un riesgo de daño a la salud humana. En el aspecto técnico, existe el problema de que para ninguno de estos productos se ha evaluado la efectividad biológica en *R. pomonella* o *C. crataegi*. Por otra parte, resulta importante destacar que es común que se aplique más de un insecticida durante todo el ciclo, haciendo combinaciones hasta de cinco productos, incluso con el mismo ingrediente activo, o bien una combinación de organofosforados, carbamatos y piretroides. Algunos productores han decidido utilizar el insecticida spinosad (spynosyn A y B-spynosinas), el cual es un producto biológico, pero resulta más costoso que la mezcla de malatión+proteína hidrolizada; algunos productores afirman que esta mezcla no funciona, y otros más mencionan que no es efectivo porque en ocasiones el insecticida es aplicado incorrectamente ya sea en dosis, técnica de aplicación, época de aplicación o frecuencia de aplicación. Todo lo anteriormente señalado, indica claramente la necesidad de incrementar y puntualizar la capacitación que se pueda otorgar a los productores de tejocote, tanto de técnicas de aplicación de insecticidas como de la elección del insecticida correcto para cada una de las plagas presentes.

El costo por productor para la aplicación de insecticidas es muy variado, en promedio \$1 450/ciclo, así mismo, el valor lo estiman por la totalidad de los árboles y no por el costo/Ha. Algunos productores deciden no realizar aplicaciones por considerarlo inútil y otros invierten hasta \$3000/ciclo. La aplicación de productos biológicos para el control de plagas en tejocote aún no se encuentra dentro del esquema de manejo y no se tienen mucho conocimiento al respecto.

En cuanto a la importancia del CESAVER para la solución de problemas fitosanitarios, las respuestas fueron divididas; al 35% le parece que es un organismo que a su parecer no sirve de nada, 35% opina que es de poca utilidad, el 20% lo califica como regular y solo el 10% califica como muy útil a este organismo auxiliar. Los porcentajes anteriores reflejan un posible descontento por parte de los productores, hay desconfianza porque indican que existen irregularidades dentro del organismo, falta de atención y sensibilización a los

problemas de la gente, además de no ofertar capacitación completa en cuanto a los productos que sean menos dañinos tanto al ambiente como para ellos, de la misma manera, algunos expresaron no necesitar de la presencia del CESAVERP en la zona.

Por otra parte, 40% de los productores respondió que realizan podas desde un inicio en sus árboles, mientras que 45% lo hacen desde hace menos de 5 años, a raíz de las capacitaciones y talleres de poda que se dieron en la comunidad por medio del Programa de rescate de árboles frutales a través de podas de formación y fitosanitarias dirigido por el Dr. Nieto. A partir de entonces, se formaron unidades básicas de producción llamadas brigadas, las cuales están constituidas por diez personas. El objetivo de estas unidades fue realizar actividades de poda de formación y saneamiento, sin embargo las brigadas funcionaron muy bien y fue necesario tener un número mayor de éstas, realizando también otras actividades como el control químico de plagas en sus huertas.

Los productores que conforman las brigadas reciben el pago del gobierno estatal a través del programa de empleo temporal y llegan a podar de 150 árboles a 250 árboles en las huertas inscritas, sin embargo, no todos los productores están insertos en este programa y tampoco realizan las actividades de manejo de plagas en todas las huertas por lo que es complicado mantener huertos libres de plagas.

1.3.1.4 Conformación de los huertos comerciales. La edad promedio de los árboles es de 53 años, aunque es posible encontrar árboles de 80 años, razón por la que algunos productores han decidido rejuvenecer sus huertos. Al respecto, la plántula de tejocote se puede comprar en \$15 cuando ya esta grande y \$6 si es pequeña. Las variedades de tejocote con las que cuentan los productores son “chapeado”, “guinda”, “amarillo”, “criollo”, “pecoso” y “rojo”, la primera abarca el 95% del total de las variedades presentes. Algunos productores refieren que la variedad “guinda” es atacada en menor grado por la mosca y el picudo del tejocote, sin embargo, un 50% ha observado que el ataque de plagas es igual en cualquier variedad que se presenten.

El cultivo más importante para esta comunidad es el tejocote, seguido de la rosa y el maíz. En esta zona, la rosa se consideraba como el cultivo de mayor potencial económico debido al precio que puede alcanzar en épocas de mayor demanda, pero los apoyos para la construcción de invernaderos y los insumos costosos para el control de plagas, hizo que algunos productores decidieran enfocar sus esfuerzos a los frutales. Es común observar los huertos de tejocote en asociación con rosa y otros cultivos, sin embargo, algunos otros separaron en invernadero la flor para darle mayor protección debido al valor que representa en el mercado y lo susceptible a condiciones de clima y ataque de plagas. En cuanto al maíz se refiere, es considerado importante no tanto por el beneficio económico, sino porque les provee una seguridad alimenticia para la familia; mientras que la manzana, pera, durazno y ciruelo, son otras especies de frutales asociadas al tejocote y son consideradas de mediana importancia económica. También se encuentran chabacano, flores llamadas 'pequeñas' como la alelía, cempasúchil, rayito y nube; capulín, frijol, haba, chile, tomate verde, calabaza, aunque estos con menor ingreso pero significativos desde el punto de vista ecológico y cultural según cada productor. El tejocote tiene una consideración especial por los productores de esta comunidad debido a que es un frutal que les proporciona ganancias y alimento al final del año cuando ninguno de los demás cultivos produce. Con las ganancias generadas por la venta de tejocote, las familias pueden mantenerse desde diciembre hasta mayo y después de ello obtienen el ingreso por venta de ciruela, flor y durazno entre otros. Así mismo, existen plantas que crecen de manera natural dentro de la huerta, las cuales se utilizan como medicinales, forraje u ornato.

La disposición temporal y espacial de las especies que conforman las huertas de esta comunidad, refleja una lógica de producción específica. Así, la permanencia y sostenimiento de la biodiversidad puede permitir una variedad de procesos renovables y de servicios ecológicos y económicos en los agroecosistemas (Altieri, 1999). Los productores de tejocote pueden intuir que la diversidad de especies vegetales les otorgará mayor espacio físico para tener un ingreso extra y durante todo el año; ejemplo de esto es el establecimiento de diferentes especies de flores, ya sea en invernadero o a campo abierto, desde las que son económicamente importantes hasta las llamadas "flores pequeñas" (alelía,

pozolito, asomiate, cempasúchil, nube, etc.) y las varetas de tejocote con flor también son utilizadas para venta como planta ornamental. Al parecer se tiene conciencia del porque se establecen los componentes biológicos en el sistema, es decir, “todo tiene un propósito”.

1.3.1.5. Cosecha y rendimientos. El 100% de los productores dijo no llevar ningún registro de sus actividades agrícolas. El número de cortes de fruta es en dos fechas, el primero en Todos Santos y Día de muertos y el segundo en la primera semana de diciembre para las fiestas de fin de año.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de tejocote en San Agustín Atzompa, Puebla

Año	Rendimiento (Kg/árbol)
2006	192 Kg/árb
2007	194 Kg/árb
2008	216 Kg/árb
2009	260 Kg/árb

Considerando el dato de rendimiento de 2006 a 2009 (Cuadro 2), a los productores se les preguntó a que factores atribuían el aumento en el rendimiento y el 50% respondió que a las podas, 25% opinó que al control más efectivo de plagas y el resto respondió que además de las anteriores también ven un efecto por la mejor nutrición en el árbol, ya que ahora algunos tienen mejor equipo, la calidad del suelo es mejor, la cantidad de agua es mayor o que hay menor cantidad de mosca en la comunidad.

1.3.1.6. Comercialización del tejocote. Respecto a los puntos de venta del producto, 95% de la cosecha se vendía solo en el mercado local, en la actualidad es el 70% y el resto se vende hacia el mercado regional principalmente a través de intermediarios que lo distribuyen al resto del país. De acuerdo con los datos, de la venta total, el 70% de la cosecha se destina al consumo en fresco y el resto a la industria. Según datos del grupo de trabajo de SPT, en el año 2007 se comercializaron aproximadamente 2400 toneladas de tejocote, de las cuales 1920

se destinaron a la venta en fresco, 432 para las jugueras, 24 toneladas lo utilizan para elaborar dulce regional y 24 toneladas es para hacer mermelada. La empresa “La Flor de Villanueva” se encarga de hacer las veces de intermediario para tareas de exportación. Sin embargo, se requiere mayor control en la calidad para cumplir completamente con la normatividad que establece la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), a través de la Dirección de Moscas de la Fruta, por lo que se está trabajando en las acciones necesarias para movilizar el producto a otras áreas sin restricciones legales.

Anterior a 2006, el fruto que se vendía a la industria no tenía calidad debido al daño por plagas, por lo que el precio de venta era de hasta 65 ¢/kg pero si el fruto era de calidad el precio podría oscilar entre \$60/caja de 20 kg para la industria y de \$120 hasta \$400 para consumo en fresco.

El precio mínimo en 2007 fue de \$110/caja de 20 kg. En este año los productores de la asociación intentaron colocar el producto a la cadena Wall-Mart pero no cumplían con la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas que la empresa requería. Por otro lado, en los últimos 4 años las empresas jugueras representan un gran potencial para la apertura de mercados con este frutal. En el año 2010 se comprometieron más de tres mil toneladas de tejocote con la empresa Grupo del Valle S. A. de C. V. y el precio que se manejó fue de 2 mil 300 pesos por tonelada, por lo que cuando la superficie crezca los miembros de la Asociación tiene pensado exportar, principalmente a Estados Unidos para la comunidad latina en ese país.

1.3.1.7. Organización y gestión para la producción. El 95% de los productores dijo no haber recibido ningún tipo de apoyo al comienzo de sus plantaciones para el control de plagas en este cultivo, así, cuando se presentó el problema un grupo de productores de pequeña propiedad se organizó y gestionó recursos para tal fin a partir del 2006, en principio a través del Sr. Dalmasio y posteriormente apoyado por el Dr. Raúl Nieto, quien en conjunto con un grupo de trabajo buscaron realizar la investigación y recopilación de información para la conformación del Sistema Producto Tejocote. El 40% de los encuestados expresó tener ahora un apoyo para este cultivo por parte de gobierno estatal a través de la SDR, aunque los

productores que no están en la Asociación están en una situación delicada por no tener ningún tipo de soporte, por lo que se hace necesario atender a estos productores en su problemática particular de plagas y hacer más efectivas y de mayor aérea de aplicación las practicas de manejo que no están asociados u organizados.

Esta situación nos muestra que es posible diseñar estrategias para satisfacer las necesidades de los productores, teniendo como base la promoción de la participación social tendientes hacia la autogestión comunitaria que de acuerdo a la definición de Mata (2007), es el desarrollo y fomento de la iniciativa y capacidad de decisión. L de los grupos locales sin esperar la intervención externa, programada y paternalista, esto significa promover que la dimensión social, económica, ecológica, política y cultural esté integrada en procesos de cambio y que las decisiones sobre las mejoras se realicen por ellos mismos, teniendo como base a la familia y con la unión de las fuerzas intelectuales y políticas. En la comunidad de estudio se observa el inicio del empoderamiento familiar y comunitario, debido a la participación consciente en su autodesarrollo.

Por otra parte, 27% de los encuestados mencionó pertenecer desde hace tres años a la asociación “Agroproductores emprendedores de la Montaña del Izta” la cual está registrada como SPR-DRI (Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Ilimitada. Esta asociación comercializó 14 mil toneladas de tejocote, 4 mil destinadas a las jugueras y 10 mil para consumo fresco de tejocote a las empresas Jugos del Valle y JUMEX; además de la venta a las centrales de abasto de México, Chihuahua, Aguascalientes y Monterrey.

A los productores en cuestión se les preguntó sobre objetivos y beneficios de pertenecer a la asociación, dentro de los objetivos mencionaron la realización de actividades para el mejor manejo de plagas y enfermedades, gestionar recursos económicos ante instituciones gubernamentales, así como la compra de equipo y herramienta para el apoyo en el manejo del huerto, realizar actividades de poda de árboles de tejocote y buscar nuevas rutas de comercialización y/o hacer más eficientes las ya existentes. Dentro de los beneficios que han recibido por el trabajo de la asociación son en primer lugar la generación de empleos ya que se

incluyen los pagos a jornales de las brigadas por concepto de empleo temporal, la adquisición de equipo, herramienta o maquinaria, promover mejores mercados y establecer mejor precio del fruto, lo cual les permite a la par realizar mayor divulgación de su producto de manera local y/o regional y por último lograr apoyos locales y estatales, ejemplo de esto es la entrega a estos productores de un bono por 225 mil pesos por parte de la Secretaría de Desarrollo Rural, con la finalidad de motivar y reconocer el esfuerzo de los productores en el cumplimiento del contrato de compraventa con Jugos del Valle, lo que les permitirá continuar con las podas de formación y fitosanitarias en sus árboles frutales.

Los productores califican a la asociación como buena y consideran que aún falta mucho que hacer pero que ya han aprendido y avanzado bastante. Esta organización les ha permitido adentrarse más formalmente a las capacitaciones de aspectos técnicos que se les ha proporcionado en conjunto con las autoridades locales. Actualmente el apoyo mayor en todos los aspectos, lo reciben por parte de la Universidad Autónoma Chapingo y de la SDR del estado de Puebla.

No obstante, es importante destacar que no todos los productores de la comunidad se encuentran en dicha asociación, por lo que no son beneficiados, así mismo los comentarios de muchos de ellos son de inconformidad porque no lograron incluirse en la asociación, la mayoría respondió refirió la falta de pago de las cuotas de cada reunión; algunos de ellos se sienten decepcionados por los productores del grupo del líder debido a que quedaron fuera de cualquier beneficio alcanzado. Estos productores mencionan que en un principio todos los productores de tejocote se podían inscribir y participar en el proyecto y así lograr un beneficio común que resultara en la mejora de calidad de vida para todos los tejocoteros de San Agustín Atzompa. Creen que ahora solo unos cuantos se han beneficiado y se ha sobredimensionado los beneficios para la comunidad a través los medios de comunicación local, lo cual les parece injusto. Destacan que algunos productores de la Asociación llevan a cabo la práctica de rentar huertas a bajo precio para sacar provecho de su cosecha y vender a buen precio; también mencionan que se otorga ayuda económica a cambio de apoyar con firmas que constaten el apoyo gubernamental a más productores de los que son apoyados

realmente. Lo anterior ha generado que los productores expresen insatisfacción, desconcierto y frustración ante este tipo de situaciones ya que los productores que no están en la Asociación tiene que acomodar el producto y esperar el precio que se va a fijar en el mercado local, así mismo el centro de acopio que estaba ubicado en el centro de la comunidad es sólo para los que pertenecen a la organización.

Las opiniones vertidas muestran un síntoma de conflicto social que tendrá que resolverse, ya que una parte de los productores están rezagados en los beneficios ya descritos, por lo que buscan las alternativas de manera individual, desde actividades de producción primaria hasta la venta del producto.

Finalmente, los productores manifestaron que los proyectos que tienen respecto al cultivo el aumento de la superficie de tejocote ya sea a través del incremento solo de planta de tejocote o bien a través de la eliminación de otro frutal para sustituirlo por nuevas plantas de tejocote; sin embargo, cualquiera que fuera la estrategia, la idea generalizada fue la de conservar la diversidad de cultivos. Por último, los productores sugirieron el plan de introducir estrategias alternativas de control de plagas como el control biológico al mismo tiempo que obtener mejor tecnología en equipos de aplicación.

1.3.2. Productores de San Miguel Tlaixpan. Los productores de esta localidad se encuentran en una comunidad semi-urbanizada que antiguamente era considerada como una zona frutícola y florícola, sin embargo estas actividades primarias son muy diferentes en la actualidad. En los años setentas, los huertos familiares de San Miguel se componían básicamente con frutales y plantas medicinales, además que representan un arraigo cultural y constituían la principal actividad económica de las familias. La constante transformación socio-económica en la zona ha repercutido en la situación actual de la agricultura, uno de estos factores fue el incremento de la población, es interesante notar que el número de habitantes en esta comunidad es de aproximadamente 11 mil habitantes, en contraste con los 1568 habitantes que tiene la otra comunidad en estudio; este incremento en la población ha contribuido al fraccionamiento de tierras (gran parte para construcción) y como consecuencia la reducción drástica

de la superficie agrícola destinada a frutales u otros cultivos. Esto sin duda obliga a la expansión de asentamientos, generando mayor demanda de espacios, servicios y recursos, lo cual puso en peligro constante los huertos y con ello el desvío de recursos hacia las cuestiones urbanas más que agrícolas.

1.3.2.1. Aspectos socio demográficos. La edad promedio de los productores entrevistados es de 60 años, al respecto, es poco común ver a jóvenes insertos en las actividades del campo, pues ahora tienen mayores oportunidades para continuar los estudios en Texcoco o en el D.F.

En la encuesta y entrevistas se contó con la participación de algunas mujeres, quienes han tenido una importante contribución en todo el proceso referente al cultivo del tejocote, principalmente en la elaboración de conservas, lo que les permitió en muchos casos tener un negocio familiar en la época de auge del cultivo del tejocote en esta localidad. Se destaca también la inserción de los productores en otras actividades fuera de la comunidad pues las mujeres de las familia se quedaron a cargo de los huertos, por lo que es común ver su activa participación. Aún cuando el tejocote ya no es de gran importancia, tienen otras especies vegetales ornamentales y medicinales que les proveen de distintos beneficios.

En esta comunidad el número de integrantes dependientes del productor es de cuatro en promedio, siendo las familias más reducidas que en San Agustín. La escolaridad de los productores es de 6.8 años cursados y la mayor parte de sus hijos están insertos en el sector terciario y los hijos de éstos con miras a ser profesionistas, pero enfocados a un sector diferente al primario.

1.3.2.2. Antecedentes de la comunidad y el tejocote. Los frutales fueron plantados en traspatio y/o en las parcelas que se encuentran en la zona alta de San Miguel Tlaixpan y considerando el arreglo en los huertos, es posible sugerir que el tejocote tenía importancia económica.

La cantidad de árboles por productor en esta comunidad es variable, ya que algunos productores han derribado casi la totalidad de éstos, por lo que ahora el

promedio es de 18 árboles por productor y la edad de los árboles es de 48 años. La superficie que destinan a tejocote es menor a 0.5 Ha, y están plantados junto con otras especies vegetales. La superficie varía dependiendo si los árboles están situados en huertos de traspatio, de éstos hay desde muy pequeños, hasta los que tienen 2 500 m²; el fraccionamiento de tierra apunta cada vez a la reducción de la superficie destinada a cultivos. Si el área llega a ser muy pequeña, se denomina “patio o jardín”. Actualmente, según los productores entrevistados, es muy evidente el incremento de ventas de lotes con fines de vivienda a personas que llegan del Distrito Federal o de Texcoco, y consideran que estas personas no tienen arraigo a la comunidad, de manera que el interés por tomar como propios los problemas a resolver en todos los aspectos, será mínimo o nulo.

De acuerdo con los datos de las encuestas, el tejocote ahora es considerado ligeramente importante, 71% tiene sus árboles plantados en huertos que fueron establecidos con un propósito comercial, mientras que el 29% solo tiene tejocotes en los bordos de las parcelas.

1.3.2.3. Aspectos técnicos. Entre los problemas a resolver en esta comunidad destaca el control de plagas, pero también mencionan otros aspectos como la poda, poca producción, y escasa superficie plantada.

El severo daño al fruto en huertas de San Miguel Tlaixpan, se debe a la presencia de altas poblaciones de *R. pomonella*, la cual a decir de los productores, se detectó antes de la época de los ochenta pero no se tiene un reporte oficial. Este insecto año con año ha provocado un fuerte deterioro en la calidad de los frutos cosechados año con año, lo cual supone la principal razón del declive del tejocote como producto comercial en esta comunidad.

Aunada a la cuestión fitosanitaria, se inserta una lista de factores que han llevado al frutal a su gradual desaparición como cultivo y de manera más importante, en huertos de traspatio. Ejemplo de ello, es el caso de Doña Juanita, quien relató que hace 35 años llevaba mermelada de tejocote a Tocuila y además recorrió pueblos cercanos vendiendo el tejocote en dulce, después como jalea, con lo que llegaba a vender hasta siete botes de 20 kg, pero el severo daño por la mosca afectó todo

el sistema, actualmente ella y su esposo, venden el fruto en verde a compradores que ellos ya tienen contactados; el dulce y jalea son básicamente para autoconsumo, por ello lo preparan en menores cantidades que hace años.

Es importante mencionar que este insecto restringe su alimentación a un estrecho rango de hospedante, pudiendo ser más específico a un género en particular (Bush, 1966), que es el tejocote (*Crataegus*) y no en otros hospedantes como ocurre con manzana para el caso de Estados Unidos. Sin embargo, los productores refieren el ataque de *R. pomonella* a manzana criolla y pera injertada, por lo que resulta importante investigar y comprobar si puede estar ocurriendo tal infestación, dado que la población de este insecto es muy alta, aunado a que estos frutales pertenecen a la misma familia botánica (Rosáceas).

Por otro lado, los productores refieren que el porcentaje de frutos sanos al inicio de la plantación era del 98%, pero al comenzar el daño por mosca las cosechas fueron afectadas año con año, sin embargo, hace 20 años comenzó a ser un problema y aún así no se tomaron medidas para reducir el daño, por lo que en la actualidad los productores califican el daño como muy severo, con porcentaje de frutos sanos en promedio de 5%. Al respecto Gaytán (1999), realizó un estudio florístico de esta comunidad y recogió la inquietud de los productores respecto a que la cuestión de plagas era un punto importante en los huertos, sin embargo, no se realizaron acciones concretas para su control o manejo. En el presente estudio los productores informantes manifestaron su preocupación por controlar el problema con base en la aplicación de insecticidas químicos, aunque desafortunadamente se realizó fuera de tiempo, de manera no generalizada, con aplicaciones irregulares y con productos inadecuados. Lo anterior fue agravado debido a la falta de organización que prevalece hasta la fecha, además de carecer de apoyo técnico-económico de manera permanente por alguna institución de investigación.

Las prácticas culturales que realizan no son suficientes para ayudar a disminuir las poblaciones de la mosca, pues no van dirigidas en específico para este fin. Debido a que no las conocen, no utilizan trampas para monitoreo del insecto ni aquellas llamadas 'matadoras' que son utilizadas en San Agustín Atzompa; la

formación de cajetes alrededor de los árboles es escasa debido a que se colocan en su mayoría flores de agapando muy cerca del tronco del frutal, además de otras especies herbáceas; las arvenses no son eliminadas por completo, ya que muchas plantas silvestres son de uso medicinal o alimenticio. El ataque de la mosca a las diferentes variedades que están presentes en los huertos es variable, 50% de los productores mencionó que no ha notado si hay una diferencia en el ataque por *R. pomonella* entre variedades.

También el 36% de los encuestados refiere que permiten el desarrollo del árbol en su huerto o parcela pero sin realizar ningún tipo de actividad para combatir a la mosca. Las aplicaciones de insecticidas han venido de escasas a nulas; en este momento, sólo el 28% realiza aplicación de algún producto químico para tratar de controlar la mosca. Por otra parte, algunos productores realizan control químico y gastan en promedio \$197/ciclo, los productos que refieren más comúnmente son Folidol[®] (paratión metílico-OF) y Lannate[®] (metomil-CAR), éste último tiene la advertencia en la etiqueta de no usar en huertos cercanos al hogar, ya que implica un riesgo grave para la salud de los productores a largo plazo. Solo algunos utilizan malatión (malatión-OF) aplicado al follaje pero sin proteína hidrolizada, lo que reduce la eficacia del producto. En esta comunidad no existe conocimiento acerca de los productos adecuados para el manejo de este insecto, además de que no se tiene un esquema de manejo integrado o manejo ecológico de esta plaga. Muchas veces el uso de insecticidas es bajo recomendación de un productor vecino, quien a su vez no utiliza el insecticida por recomendación profesional. Tampoco utilizan insecticidas biológicos

En esta comunidad no se ha reportado la presencia del picudo o barrenador *C. crataegi*, siendo *R. pomonella* el insecto que ocasiona prácticamente todo el daño en fruto. No obstante, los productores no conocen la morfología del insecto, ciclo de vida ni los diferentes estados biológicos del insecto, lo cual ha contribuido a que no se lleve a cabo un esquema de manejo adecuado y preciso de esta plaga.

La presencia de enfermedades en los árboles de tejocote tales como tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) y roya (*Gymnosporangium clavipes*) son muy visible en

algunas huertas, pero no se han realizado estudios en esta zona para evaluar el impacto de estos microorganismos sobre frutal.

En esta comunidad es nulo el uso de fertilizantes de origen sintético, el 57% aplica abono orgánico como estiércol o simplemente dejan la hojarasca y/o restos de cosecha en el suelo con barbechos superficiales. Los productores están conscientes de que los residuos orgánicos aportan nutrientes de gran valor a su suelo, y ciertamente la aplicación de estiércoles mejoran los contenidos de materia orgánica (Gliessman, 1997). El manejo que se realiza de los residuos orgánicos que se generan en los huertos familiares retornan al suelo, pudiendo favorecer la gestión de procesos biológicos y diversidad de especies edáficas, lo cual es parte de la salud y estabilidad del agroecosistema (Altieri, 1999). Es importante destacar que se realizaron muestreos de puparios de la mosca en el suelo cercano a los arboles de tejocote y fue muy común observar gran cantidad de lombrices desde las capas más superficiales de estos suelos, favoreciendo una mejora en las características del suelo y en su fertilidad; también es posible encontrar organismos como cochinillas, cien pies, mil pies, arañas, coleópteros descomponedores, entre otros, así como semillas de algunas plantas locales. A diferencia de la otra comunidad en estudio, aquí el suelo no es movido en gran frecuencia ni a una profundidad mayor, lo que permite la permanencia de organismos y puede favorecer relaciones benéficas entre las especies presentes así como el crecimiento de plantas silvestres.

En un comparativo con la primera comunidad, las herramientas utilizadas en los huertos familiares son muy rústicas; en los huertos establecidos en la zona alta de esta comunidad, se contratan a jornales para preparar el suelo y aplicar abono cuando es posible, pero no ingresan tractores debido a que estas huertas están dispuestas en terrazas, las cuales son una constante en esta zona y las cuales se han mantenido presentes desde la época prehispánica, hecho que es digno de mencionar por la valoración y entendimiento que los agricultores de San Miguel Tlaixpan han tenido de este sistema para conservarlo y promoverlo aun en estos días.

Por otra parte el 57% de los productores nunca han realizado podas, tanto de saneamiento como de rejuvenecimiento en sus árboles y el resto indica que la poda la realiza desde que tienen sus árboles pero no la hacen bajo alguna técnica aprendida en cursos de capacitación.

Respecto al uso del agua en esta comunidad, la que se dispone para el riego proviene principalmente del manantial de San Francisco, el cual pertenece a la comunidad cercana de San Jerónimo Amanalco, pero es insuficiente para satisfacer la demanda y ahora es un problema para los productores que es urgente resolver, por un lado que depende del número de veces que se suministre y segundo de si tiene capacidad de almacenamiento. El creciente aumento de la población hace que la cantidad de agua por persona sea menor, es por ello que algunos productores manifiestan estar en desacuerdo que se sigan vendiendo terrenos para vivienda.

1.3.2.4. Conformación de los huertos. En promedio los árboles tienen 54 años de edad, las variedades utilizadas en esta comunidad son principalmente el criollo y el chapeado, en menor medida el amarillo y aun menor el pecoso.

Dentro de los cultivos más importantes que los encuestados mencionaron fueron, en orden de importancia, aguacate, pera, manzana y tejocote en tercer lugar, seguido por durazno, agapando, rosa, frutillas y maíz. Al respecto, a diferencia de San Agustín Atzompa, el tejocote en esta comunidad ya no tiene la importancia de hace años, el aguacate se ha tomado como el cultivo con mayor potencial y se planea en un futuro cercano que éste vaya sustituyendo poco a poco árboles de tejocote, aun cuando dicho frutal también presenta problemas fitosanitarios. Por otro lado, los cambios socio-económicos y culturales por los que ha pasado esta comunidad, inserta en un modelo más urbanizado, pudo contribuir a que sea menor el interés por cultivar maíz y frijol como formas básicas de autoconsumo. Los productores manifestaron que antes de los años 30's, se cultivaban maíz y frijol para autoconsumo en condiciones de temporal en lo que ahora son las huertas. La promoción del gobierno local y el abastecimiento de agua de riego, dieron lugar al desarrollo de frutales y posteriormente de flores con la creación de invernaderos.

En un estudio realizado por Gaytán (1999), se encontró que en los huertos familiares de San Miguel Tlaixpan, existían alrededor de 303 especies vegetales, ubicadas en 85 familias, lo que habla de la gran diversidad vegetal. Además de los árboles predominantes, podemos encontrar níspero, ciruelo y capulín; se encuentran en hileras a lo largo del lindero y se intercalan plantas y arbustos como muicle, hinojo, romero, chahuistle, higuera, rosa, clavo, ruda, jazmín, floripondio, cedrón, flor de Santa María, borraja, heno (pashtle), chilacayote, pata de león, malva, orégano, tomillo, mejorana, bugambilia y amapola. En general, la estructura y composición de las especies presentes están en correspondencia con las necesidades de la familia (Palma, 1987), bien sea en huertos familiares o en parcelas separadas en la zona alta.

Un aspecto que merece la pena resaltar, es la disposición de la flora en toda la comunidad y la permanencia en el sistema prehispánico de terrazas, un diseño con la finalidad de conservar y gestionar los recursos agua y suelo, pero esto fue posible gracias a que existió un sistema de organización política y social que permitió procesos autogestivos en la zona (Oropeza-Mota et al 2002).

1.3.2.5. Cosecha y rendimientos. El 100% de los encuestados indicó que no lleva ningún registro de las actividades realizadas en sus huertos, es por eso que no tiene muy presente el costo que implica cada una de ellas.

De acuerdo con lo indicado por los productores, el rendimiento promedio por árbol en los primeros años de la plantación era de 186 Kg/árbol. El promedio de rendimiento durante los años 2006-2009 fue de 85, 77, 59 y 46 Kg/árbol en los ciclos respectivamente, mientras que en la actualidad el rendimiento apenas alcanza los 54 Kg/árbol; los productores no consideraron los frutos dañados. Algunos productores indicaron que desde 2008 ya no han realizado la cosecha de frutos.

1.3.2.6. Comercialización. El destino de venta del tejocote es variable, pero hace 20 años los comerciantes de la Central de Abasto venían a cargar el fruto para venta en fresco y también vendían directamente al mercado regional, esto representaba el 65% de la venta, esta estrategia en el comercio de productos ha

sido común entre las varias comunidades de la montaña de Texcoco y así la describe González y Leal (1994) cuando indica que la integración al mercado se hace mediante los principales centros de comercio de la ciudad de México: los mercados de La Merced, Sonora, Jamaica y la Central de Abastos.

mientras que actualmente el 65% de la venta es solamente local en San Miguel Tlaixpan, Texcoco y comunidades cercanas; pero no todo se comercializa en fresco, también se lo llevan preparado en conservas y en dulce aunque su venta es mínima, principalmente en las calles de Texcoco o en el mercado central e incluso algunos productores lo venden en fresco afuera de sus casas.

El 57% de los encuestados menciona que el tejocote también lo venden en verde para la industria, pero no de manera directa, ellos llevan la cosecha a parcelas de productores que tienen la función de centro de acopio y de ahí se lleva todo a la empresa La Rosa, la cual lo procesa.

A diferencia de la comunidad de San Agustín Atzompa, el tejocote aquí es vendido por costal, cada uno con un peso promedio de 40 Kg, asimismo, el precio de venta del fruto fluctúa entre \$30 a 40/costal, sin embargo, algunos productores como Margarito Segura vende hasta \$120/costal y él acopia el producto para llevarlo a la empresa de "La Rosa", a la que puede ofrecer hasta 200 costales. Este productor indica que la solución para evitar el ataque de la mosca en su huerto es mover las fechas de cosecha porque su objetivo no es la venta en fresco. Muchos productores venden sus frutos maduros a menos de 0.50 ¢/kg, por lo que algunos prefieren dejar los frutos en el suelo abandonando toda posibilidad de venta.

1.3.2.7. Organización y gestión para la producción. Desde que han tenido las plantaciones de tejocote, los productores no han recibido ningún tipo de apoyo gubernamental estatal o local y no existe una organización de productores, aunque se mantiene la estructura ejidal, sin embargo, no se ha logrado una gestión de recursos. Cabe destacar que se citó a los miembros de la comunidad para brindar información sobre la problemática de la plaga del tejocote, sin embargo, solo acudieron unos cuantos y al aplicarse al encuesta abierta, algunos

productores expresaron desconfianza hacia los técnicos, al gobierno y a las instituciones de investigación, otros dijeron que no asistieron porque “ya no hay nada que hacer para solucionar el problema”; algunos más piden que los técnicos visiten sus parcelas de manera personal, lo cual es poco práctico si se considera que la problemática fitosanitaria debe atenderse a nivel regional más que parcelario. A pesar de esta situación, hay algunos productores manifestaron estar dispuestos a tomar acciones, aunque “les desanima el hecho de que no todos lo hagan y de esta manera es muy difícil tener éxito”.

Los resultados hacen notar que en San Miguel Tlaixpan hay una actitud de individualismo, y de falta de interés y/o voluntad ante los problemas comunes, no solo en la cuestión fitosanitaria de sus cultivos, sino en temas básicos como el uso del agua, hay pesimismo respecto al futuro de la agricultura en la comunidad, pero no se establecen acciones concretas y no hay un líder como sucede en la comunidad anterior, quien les motive a tomar la problemática en sus manos y gestionar sus propios recursos. Algunos productores expresan molestia, pues lamentan haber permitido que el cultivo se dejara de lado cuando tenía un buen mercado, debido a la cercanía con el D.F., lo que les daba ventaja respecto al fruto proveniente de Puebla y ahora los que aun no comercializan tiene que ir a comprarlo principalmente a Calpan para venderlo en Texcoco.

En 2009, con el apoyo del Ing. Pedro Pascasio Espinosa, quien forma parte de la Comisión Nacional Áreas Protegidas en el Parque Nacional Molino de Flores, se convocó a una reunión con los pequeños productores de San Miguel Tlaixpan para explorar el interés sobre la problemática del tejocote. Sin embargo, fue hasta una segunda reunión donde se logró conformar un grupo de 25 personas, de las cuales diez ya han tirado sus árboles de tejocote y sólo les quedan los situados en los bordos. Los asistentes en general mostraron interés en el tema aclararon sus dudas en cuanto a la problemática de la mosca. En la reunión pronunciaron su inconformidad por la falta de interés del resto de los productores y señalaron que es una actitud recurrente que “no les permitirá salir adelante con ninguna problemática de la comunidad”. Los asistentes también expresaron que esperan apoyo para el cultivo del aguacate que es un árbol con el que ahora querrían aventurarse, ellos manifiestan “que es mejor pensar en quitar el tejocote para dar

paso a nuevos cultivos más rentables.” en relación a lo anterior Sánchez (2008) indica que cualquier estrategia alternativa de desarrollo sostenible, exige procesos autogestivos y a través de las interrelaciones entre los campesinos, organismos no gubernamentales e instancias gubernamentales es posible generar cambios importantes respecto a la conciencia ecológica, la organización y los conocimientos sobre técnicas agroecológicas de los productores locales (Figura 1).

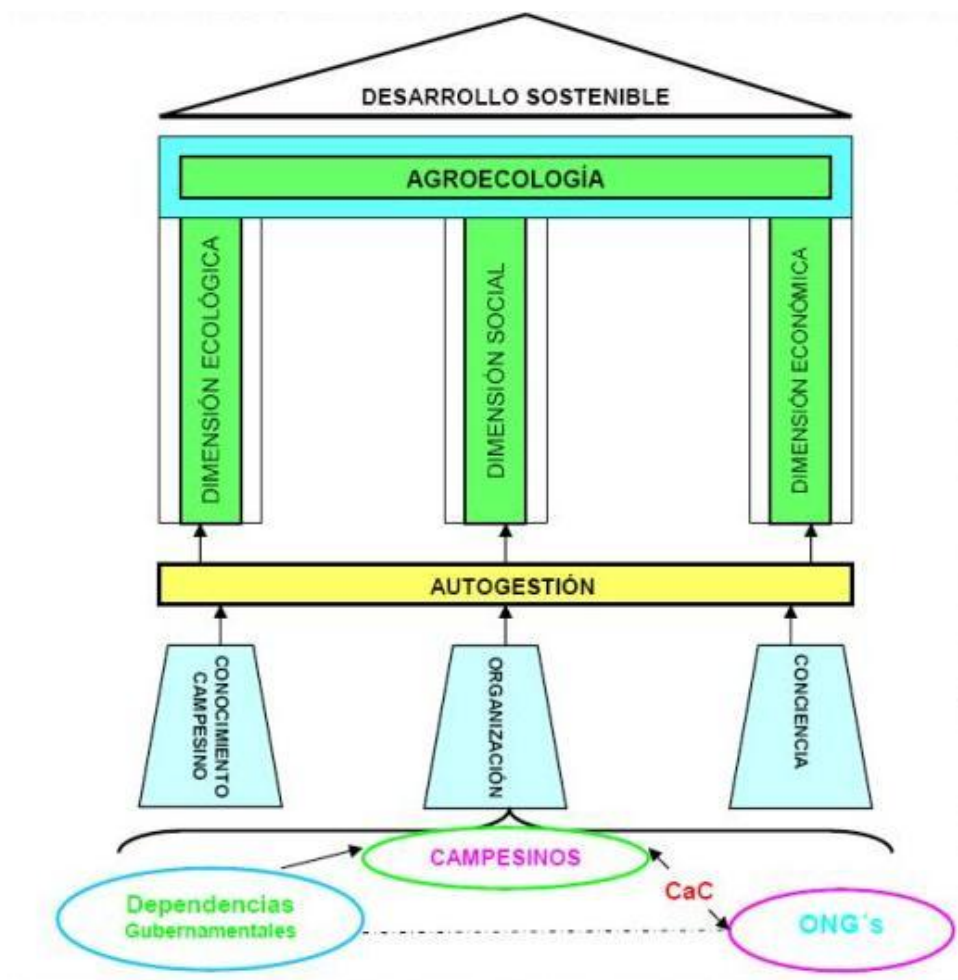


Figura 1. Referente teórico del proceso autogestivo de comunidades campesinas. Esquema propuesto por Sánchez (2008).

El contraste actual entre las dos comunidades en estudio es un sistema de organización política y social en torno a los interesados, mientras que en San Agustín Atzompa es evidente, en San Miguel la situación se torna cada vez más tendiente hacia la desaparición del frutal como cultivo.

Es importante destacar el hecho de que la Dirección General de Fomento Agropecuario, Forestal y Desarrollo Rural Sustentable del Ayuntamiento de Texcoco, a través del portal de Internet ostente lo siguiente “En Texcoco **contamos con las condiciones productivas, de comercialización y de mercado**, necesarias para el **éxito del sector**, destacando la producción florícola con rosa, clavel, alcatraz y gladiolo; el maíz, trigo, cebada y alfalfa; hortalizas como espinaca, lechuga, nopal, calabacita y jitomate; frutales como pera, manzana, durazno, **tejocote** y mora” (<http://www.texcoco.gob.mx/gobierno>, consultado 2011). Lo anterior denota el total desconocimiento de la situación del tejocote en la región y la falta de interés por parte de las autoridades, o que resulta desafortunado pues no se toma en cuenta la información directa de los productores para poder implementar acciones que beneficien a las personas involucradas que lo necesitan.

Como lo menciona Hernández-X (1998) el obtener un conocimiento del sistema campesino tanto en lo biológico como en lo social, nos permitirá desarrollar estrategias agrícolas acordes con las necesidades, particularidades y recursos de comunidades o grupos específicos de agricultores, sobre todo, no olvidar que el conocimiento tradicional o campesino es relevante para reconocer las capacidades socioculturales de los productores agrícolas en la gestión de su propio desarrollo.

Los productores de San Agustín Atzompa recuperaron y potencializaron el cultivo, gracias a la visión, liderazgo y la organización social, lo que llevó a una activa participación grupal pues se convenció de rescatar el cultivo a pesar del gran deterioro de los árboles a causa del daño por plagas. Al respecto, la más severa en esta comunidad es *C. crataegi* y en segundo lugar la presencia de *R. pomonella*. La oportuna y eficiente participación del Dr. Raúl Nieto fue de gran importancia para que ocurriera un cambio en la condición fitosanitaria del cultivo, quien junto con la Asociación llevó a cabo una cogestión de apoyos ante las autoridades estatales que anteriormente no participaban en la comunidad con respecto al tejocote.

La capacitación continua a los productores hizo que formaran su asociación y ahora los miembros de la misma han desarrollado acciones grupales para enfrentar la problemática del cultivo, gestionando recursos de manera autónoma. Ahora los productores esperan tener nuevas alternativas de control de ambas plagas y en un futuro tener huertos de producción orgánica de tejocote. Además de todo lo anterior, la comunidad se enfrenta al reto de resolver los conflictos sociales que impiden la inclusión de todas las familias en los beneficios logrados por la Asociación hasta el momento.

La información científica biológica que generó esta investigación acerca del hallazgo de hongos entomopatógenos nativos y su evaluación en *R. pomonella*, así como los que se aislaron de *C. crataegi*, podrían servir como base para el desarrollo de alternativas de control más sustentables ligadas también a la promoción de la conservación de los recursos naturales, una estrategia que se une a la conciencia ecológica que los productores muestran al observar la disposición y estrategia de manejo de sus huertos.

También se hace necesaria la continuidad de experimentos realizados en esta comunidad para contribuir a la preservación de enemigos naturales nativos, de tal manera que en un futuro los conocimientos sobre se puedan incorporar a un programa de manejo agroecológico de plagas del tejocote en San Agustín Atzompa. No obstante, la falta de vinculación oportuna en esta investigación no permitió ubicar la importancia del daño de *C. crataegi* el cual superaba por mucho el provocado por *R. pomonella* y con esto se toma la experiencia de la necesidad de establecer una vinculación consistente que permita el desarrollo de una investigación participativa que parta de las necesidades particulares de los productores de cualquier cultivo para hacer más provechosas las investigaciones futuras.

Por su parte, los resultados de la investigación sociológica en San Miguel Tlaixpan destacan que el auge del cultivo sucedió hace más de dos décadas. El severo daño por *R. pomonella*, la creciente urbanización de la comunidad y la notable falta de organización por parte de los agricultores, fueron factores determinantes para que en la actualidad el cultivo se encuentre prácticamente en

el abandono. Asimismo existen productores que aun conservan sus huertas porque las comercializan como fruto en verde para la industrialización, sin embargo, según lo indican, necesitan tener apoyo en diferentes aspectos para comercializar su producto a mejor precio y reactivar lo que fue el tejocote en esta comunidad.

En la actualidad, el tejocote en San Miguel Tlaixpan aún se conserva por, algunos productores que se niegan a abandonarlo, pero la vinculación de las instituciones e investigadores es escasa o nula con al comunidad. San Miguel Tlaixpan es sólo un ejemplo de que las investigaciones biológicas deben estar en función a las necesidades de los productores agrícolas de este país antes que del propio investigador. Aunado a lo anterior existe el desinterés por el cultivo por parte de la comunidad lo cual también se percibe en las autoridades agrícolas locales, las cuales carecen información sobre las condiciones reales de los pocos productores agrícolas que aún persisten en realizar las labores primarias en esta comunidad.

La conclusión final de manera reflexiva, invita a considerar el agroecosistema con todos sus componentes físicos, biológicos, culturales, sociales y económicos lo cual puede ser esencial para realizar investigaciones que se encaminen a resolver necesidades apremiantes de los productores, se debe tomar en cuenta la voz de los actores sociales y adentrarse a su cotidianidad para conocer más de ellos e insertar las tecnologías más acordes con su realidad, ya que como lo menciona Hernández (1977), el hombre es el eje en el sistema agrícola, pues son ellos los que llevarán a cabo cualquier acción de manejo en las diferentes actividades agrícolas. La participación e integración de la investigación social y biológica puede ser de mayor provecho en la solución de problemas en el campo y que las autoridades locales, estatales y federales puedan entender el papel tan importante que tienen en la promoción y desarrollo de proyectos científicos y sociales en estas y todas las comunidades del país.

1.4 LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Norda-Comunidad. 338 p.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls, 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. SOCLA. Medellín, Colombia. 70 p.
- Altieri, M. y C. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16(1).
- Altieri, M. y Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. pp. 99-112.
- Blumberg, R.L. 1999. Metodologías de Diagnóstico Rápido para Evaluar el Impacto. Notas editadas por el consultor y el Servicio de la Evaluación. FAO. Roma. 13 p.
- Bush, G. L. 1966. The taxonomy, cytology, and evolution of the genus *Rhagoletis* in North America (Diptera: Tephritidae). Bull. Mus. Comp. Zool. 134: 431-562.
- Callejo, J. 2001. El grupo de discusión: Introducción a una práctica de investigación. Editorial Ariel. España. 265 p.
- Delgado, J. M. y J. Gutiérrez. 1994. Métodos y técnicas cualitativas de investigación en Ciencias Sociales, Síntesis, Madrid.
- Gaytán, A. C. 2000. Composición florística, manejo y aprovechamiento de huertos familiares en San Miguel Tlaixpan, Texcoco, Estado de México. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. 232 p.
- Gispert, C. M. (1993). Concepto y manejo tradicional de los huertos familiares en dos bosques tropicales mexicanos. Carabias, J. (Ed). In: Cultura manejo sustentable de los recursos naturales. 575-623. México D.F: Porrúa. UNAM.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en Agricultura sostenible. 349 p.
- Gliessman, S. R. 2000. [Agroecosystem sustainability: developing practical strategies](#). CRC Press: Boca Raton FL, USA.
- González, J. & R. Leal. 1994. Demanda comercial y manejo de recursos en una comunidad indígena campesina. *Alteridades* 4(8):83-91.

- Guzmán, G., M González de Molina y E. Sevilla. 2000. Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible, Mundi-Prensa, España.
- Hernández Xolocotzi, E. 1988, La agricultura tradicional en México, Comercio Exterior, vol. 38, núm. 8, agosto.
- Hernández Xolocotzi, E. 1977. Agroecosistemas en México. Colegio de Postgraduados. Texcoco.
- <http://www.texcoco.gob.mx/gobierno/19-dirección-general-de-fomento-agropecuaria-forestal-y-desarrollo-rural-sustentable>. Portal del Ayuntamiento de Texcoco. Consulta febrero de 2011.
- Huffaker, C. B., Messenger, P. S. y P. De Bach. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. En: Biological Control. Pág 16-67. Plenum Press, New York, London.
- Mariaca, MR. 1992. El papel de la fertilidad del suelo en el sistema roza-tumba-quema. In Zizumbo V.D, Rasmussen CH, Arias RML, Terán CS. (Ed). La modernización de la milpa en Yucatán: Utopía o Realidad. DANIDA-CICY. Mérida, Yucatan, Mexico. 215-226.
- Mata, G. B. 2007. Un modelo alternativo para el desarrollo rural en México. pp. 43-76. In: Innovación tecnológica y el desarrollo rural con pequeños productores. Mata, G.B., A.C. León, J. Sánchez, J. A. Aguirre (coord.) 315 p.
- Nieto-Angel, R. 2007. Colección, conservación y caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). pp.26-118. En: Frutales nativos, un recurso fitogenético de México. Nieto-Angel, R. (ed.) Edit. UACH. 270 p.
- Nieto-Angel, R. y Borys, M.W. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México: Avances en el estudio de recursos fitogenéticos en México. Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo., V.A. González, H. y M. Livera M. (Eds.) Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI), Chapin go, México., pp, 309-324.
- Oropeza-Mota, J. L., E. Rubio-Granados & J. D. Ríos-Berber. 2002. Manejo de escurrimientos superficiales en las regiones áridas y semiáridas de México. En: Antología sobre pequeño riego, vol. III Sistemas de riego no convencionales. Palerm V. J. (ed.) 2002. Colegio de Postgraduados. 341-361.
- Phipps, J.B. 1983. Biogeographic, taxonomic y cladistic relationships between

East Asiatic y North American *Crataegus*. Ann. Missouri. Bot. Gard., 70:667-700.

Phipps, J.B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegs* (*Rosaceae*, subfam. *Maloideae*). Botanical Research Institute of Texas, Inc. (BRIT). Texas, USA. 94. p.

Rojas, S. R. 2006. Guía para realizar investigaciones sociales. Edit. Plaza y Valdes. 437 p.

Sánchez, M. P. 2008. Proceso autogestivo para la conservación de suelos y agua en sistemas campesinos sustentables. Los casos de Vicente Guerrero y La Reforma, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. 145 p.

Sierra, B. 1995. Técnicas de investigación social. Teoría y ejercicios. Paraninfo, Madrid. 705 p. Altieri, M. A. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Norda-Comunidad. 338 p.

CAPÍTULO II

PARASITOIDES NATIVOS DE *Rhagoletis pomonella* Walsh (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EN TEJOCOTE *Crataegus* spp. EN EL CENTRO DE MÉXICO

RESUMEN

Rhagoletis pomonella es una de las principales plagas de tejocote en la zona central de México, donde llega a ocasionar la pérdida de 100% de la cosecha si no se realizan medidas de control. Con la finalidad de conocer el complejo de enemigos naturales asociados a esta especie, se realizaron colectas de puparios de este tefrítido en Texcoco, Edo. de México de 2007 a 2009. Los puparios se mantuvieron en condiciones controladas durante la diapausa en espera de la emergencia de parasitoides. Se colectaron 2734 puparios de los cuales sólo emergieron 1460 organismos, 68.3% fueron moscas y el restante 31.7% fueron parasitoides. Se obtuvieron e identificaron seis especies de parasitoides: *Coptera* sp. (Diapriidae) fue la especie más abundante (25% del total de parasitismo) y representa un nuevo reporte de este diapríido atacando pupas de *R. pomonella*. *Utetes near canaliculatus* (Braconidae) (3.4%), ya reportado como parasitoide de esta mosca en México; *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae) (2.3%), la cual no se había reportado para esta zona y sólo se tienen dos registros en México del parasitoide emergiendo de puparios de esta mosca. *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae) (<0.5%) representa el primer reporte de esta especie y familia atacando a *R. pomonella*. Finalmente se encontró un individuo de una especie de Ichneumonidae y una especie de Braconidae, que no fueron identificados. El porcentaje de parasitismo total fue de 31.7% en ambos sitios, lo cual genera un potencial de uso en un programa de control biológico por conservación.

Palabras clave: Braconidae, Diapriidae, Bombyliidae, *Hemipenthes*, nuevos registros

CHAPTER II
**NATIVE PARASITIDS OF *Rhagoletis pomonella* Walsh (DIPTERA:
TEPHRITIDAE) IN HAWTHORN IN CENTRAL MEXICO**

ABSTRACT

Rhagoletis pomonella is one of the main pests in hawthorn fruit in central Mexico. This pest damages 100% of hawthorn fruit when no control tactic is applied. A survey from 2007 to 2009 in Texcoco, Mexico, was held in order to explore natural enemy complex on this pest. Puparia of *Rhagoletis pomonella* were collected in soil from infested hawthorn fruit by this fly. Puparia were kept under controlled conditions during its diapauses to wait for the parasitoid emergence. 2734 puparia were collected, but only 1460 insects emerged: 68.3% of them were fruit flies and 31.7% were parasitoids. Six parasitoid species were identified: *Coptera* sp. (Diapriidae), the most common parasitoid (25% of total parasitism), represents a new record of this species attacking *R. pomonella* pupae. *Utetes* near *canaliculatus* (Braconidae) (3.4%) was previously recorded as a parasitoid of this fruit fly in Mexico; *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae) (2.3%) had not been reported for this area, however, there are only two records in Mexico from *R. pomonella*. *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae) (<0.5%) represents the first record of this family attacking *R. pomonella* worldwide. Finally, an individual Ichneumonidae and Braconidae were found, but these were not identified. Total parasitism was 31.7%, this result can generate a potential for the use of these parasitoids in a conservational biological control program.

Key words: Braconidae, Diapriidae, Bombyliidae, *Hemipenthes*, new records

2.1. INTRODUCCIÓN

Rhagoletis pomonella Walsh se encuentra ubicada dentro la familia Tephritidae, comúnmente conocidas como moscas de la fruta. Yee & Goughnour (2008), señalan que las poblaciones geográficamente aisladas de esta plaga han evolucionado para explotar diferentes hospedantes. En México esta especie se encuentra asociada a rosáceas, principalmente al cultivo de tejocote (*Crataegus* spp.) y manzano (*Malus pumila* Miller) (Bush 1966, Feder 1995, Hernández 2004, Rull 2009); en Estados Unidos y Canada se reportan infestaciones en durazno (*Prunus pérsica* L.), pera (*Pyrus* sp.), ciruela (*Prunus domestica* L.) e incluso se ha asociado a rosas cultivadas (Bush 1966). El daño que provoca esta plaga es directo al fruto al alimentarse de la pulpa, ocasionando que en lugares donde no hay un manejo, la infestación llegue a afectar hasta el 100% de los frutos. El tejocote es un cultivo de importancia económica en ciertas regiones del centro de México y en otras zonas de pequeña producción, no se tienen sistemas de manejo de esta plaga, por lo que es común que se presenten pérdidas cercanas al 100% de los frutos por el ataque de esta plaga (Hernández 2004).

Algunos estudios se han enfocado a determinar los patrones de distribución temporal y espacial de *R. pomonella* (Rull *et al.* 2009) así como la diversidad y abundancia de sus parasitoides (Rull *et al.* 2009) lo cual ha ayudado al entendimiento de cómo ocurren las asociaciones entre parasitoides y hospedantes. Sin embargo, no existen trabajos que hayan cuantificado el impacto de enemigos naturales en las poblaciones de *R. pomonella* en las zonas de producción de tejocote. A nivel mundial se han reportado al menos 18 especies de himenópteros asociados a *R. pomonella* repartidos en seis familias, de las cuales Braconidae (nueve especies) y Diapriidae (cinco especies) aportan el mayor número de especies (Cuadro 1).

Los trabajos respecto a los parasitoides nativos presentes en poblaciones mexicanas de *R. pomonella* infestando tejocote son casi nulos, sólo se reconocen cuatro especies de *Braconidae* que son parasitoides de larva-pupa (Cuadro3).

Cuadro 3. Especies de parasitoides reportados atacando a *Rhagoletis pomonella*.

FAMILIA/ESPECIE DE PARASITOIDE	BIOLOGÍA DEL PARASITOIDE	PAÍS REPORTADO	REFERENCIAS
BRACONIDAE			
<i>Aphaeretea muscae</i> Ashmead	No disponible	No disponible	(12), (7)
<i>Diachasma alloeum</i> (Muesebeck)	Larva-pupa/END	E.U. y Canadá	(12), (14), (3), (10), (8), (4), (1)
<i>Diachasma ferrugineum</i> (Gahan)	Larva-pupa/END	E. U.	(3), (10), (8)
<i>Diachasmimorpha mellea</i> (Gahan)	Larva-pupa/END	E.U. y México	(12), (14), (10), (8), (15), (5), (2), (16)
<i>Diachasmimorpha mexicana</i> (Cameron)	Larva-pupa/END	México	(15)
<i>Opius downesi</i> Gahan	Larva-pupa/END	E.U. y México	(12), (8), (1), (5)
<i>Utetes canaliculatus</i> (Gahan)	huevo-larva/END	E.U., Canadá y México	(14), (3), (8), (1), (15) (9), (13)
<i>Utetes lectoides</i> (Gahan)	Larva /END	E.U.	(12), (1),
<i>Utetes richmondi</i> (Gahan)	Larva-pupa/END	E.U.	(12)
DIAPRIIDAE			
<i>Coptera cingulatae</i> Muesebeck	Pupa/ END	E.U.	(17) y (11)
<i>Coptera pomonellae</i> Muesebeck	Pupa/ END	E.U.	(17) y (11)
<i>Coptera evansi</i> Muesebeck	Pupa/ END	E.U.	(17) y (11)
<i>Coptera occidentalis</i> Muesebeck	Pupa/ END	E.U.	(17) y (11)
<i>Psilus</i> sp.	Pupa/END	E.U. y Canadá	(3), (8)
EULOPHIDAE			
<i>Tetrastichus</i> sp.	Larva/ECT	E.U.	(3), (5)
MYMARIDAE			
<i>Patasson conotracheli</i> (Girault)	Huevos/END	E.U.	(12)
PTEROMALIDAE			
<i>Pteromalus</i> sp.	Larva-ECT	Estados Unidos	(5)
ICHNEUMONIDAE			
<i>Phygadeuon wiesmanni</i> Sachtl	No disponible	Europa (cría), liberado en E.U.	(6)

¹AliNiazee (1985), ² Baranowski et al. (1993), ³Cameron & Morrison (1977), ⁴Glas & Vet (1983), ⁵ Gut & Brunner (1994), ⁶ Hagley et al. (1993), ⁷Kandybina (1977), ⁸Maier (1981), ⁹ Monteith (1971), ¹⁰ Monteith (1977), ¹¹ Muesbeck (1980), ¹² Narayanan & Chawla (1962), ¹³Prokopy & Webster (1978), ¹⁴Rivard (1967), ¹⁵ Rull, et al.(2009), ¹⁶ Wharton & Marsh (1978) y ¹⁷ Wharton (2007).

*ECT=Ectoparasitoide; END=Endoparasitoide

Rull et al. (2009), exploró los parasitoides de *R. pomonella* en tejocote *Crataegus* spp. a través del Eje Volcánico Trans-Mexicano, la Sierra Madre Oriental en México y Estados Unidos, en este estudio se determinaron los porcentajes de parasitismo y la diversidad de los ensambles; sin embargo, sólo se obtuvieron parasitoides a partir de larvas colectadas de frutos infestados. *R. pomonella* es un tefrítido que presenta una etapa diapáusica en estado pupal (Dean & Chapman 1973, Boller & Prokopy 1976) y en este estado de desarrollo se mantiene expuesta a enemigos naturales por un período más prolongado y tal vez estos pudieran tener un efecto más importante en la dinámica de la plaga, por lo que es importante realizar la exploración en estado de pupa. En adición a lo anterior, es posible integrar la exposición de pupas formadas de larva las cuales pudieron estar expuestas a parasitoides de larva y después las que no hayan sido parasitadas en larva puedan ser encontradas por parasitoides de pupa como *Coptera* spp. (Menezes et al. 1998).

Considerando que la correcta identificación y conocimiento de las relaciones que guardan las plagas y sus enemigos naturales permite establecer en primera instancia la conservación de los mismos, además de potenciar su uso como un recurso natural local con la finalidad de disminuir las poblaciones de la plaga, y que la búsqueda de enemigos naturales en todas las etapas de desarrollo, permite sugerir estrategias de conservación y manejo en el agroecosistema en el que están presentes. Este trabajo tuvo por objetivo explorar la ocurrencia de parasitoides de *R. pomonella* e identificar las especies presentes, así como la determinar el porcentaje de parasitismo natural en dos zonas de Texcoco, México, durante todas las etapas de desarrollo de estados inmaduros de *R. pomonella*.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1. Sitio de colecta. Los sitios de colecta de parasitoides asociados a *R. pomonella* fueron San Miguel Tlaixpan y el Banco de Germoplasma de *Crataegus* spp. de la Universidad Autónoma Chapingo. La comunidad de San Miguel Tlaixpan (SMT), está situada en la parte central de la parte montañosa al este de Texcoco (19°31' Latitud Norte; 98°49' Longitud Oeste; 2379 msnm) es considerada como la comunidad representativa del somontano (Pérez 2009). En

esta comunidad el tejocote junto con otras especies frutales y ornamentales está establecido como cultivo de traspatio para autoconsumo y venta local. El Banco de Germoplasma de *Crataegus* spp. (BGC) de la Universidad Autónoma Chapingo está ubicado en Lomas de San Juan dentro del Campo Agrícola de esta Universidad (19° 29' Latitud Norte; 98°53' Longitud Oeste; 2250 msnm) (García 1988); éste fue establecido hace 26 años y tiene una colección de 91 accesiones, de los cuales 50 son provenientes de Chiapas, 18 del Estado de México, y 23 de Puebla (Nieto 2007 comunicación personal¹).

2.2.2. Muestreo preliminar. Durante el mes de enero y febrero de 2007 se realizaron muestreos preliminares de suelo en el Banco de Germoplasma, lo anterior para establecer la metodología de acuerdo a las condiciones del lugar y de la disposición de árboles y frutos de *Crataegus*. En este período se realizaron tres colectas (enero-febrero de 2007). En cada visita se colectaron al menos 200 puparios. Los puparios colectados se procesaron como se indica más adelante y se llevaron a una cámara de cría (25±2°C; 60±10 HR; 14:10 L:O) para esperar la emergencia tanto de moscas como de parasitoides.

Muestreos exploratorios. Se realizaron siete muestreos de suelo en el Banco de Germoplasma desde septiembre de 2008 a julio de 2009; mientras que en San Miguel Tlaixpan fueron seis colectas de diciembre de 2008 a julio de 2009. El tamaño de muestra fue variable y dependió de la disponibilidad de pupas en el sitio seleccionado; sin embargo, se tomó como tamaño de muestra el número de puparios colectados en 10 h, debido a que la disposición de árboles, la distribución y el variedad de árboles en las zonas de colecta fue muy variable.

2.2.3. Obtención del material biológico. La colecta de puparios se realizó bajo la zona de goteo de los árboles de tejocote. Se utilizó una pala para remover el suelo y la vegetación en la zona de colecta. De acuerdo a lo reportado por Aluja (1993), las pupas se buscaron en los primeros diez centímetros de profundidad. La colecta se realizó mediante el uso de una palita de mano con la cual se removió el suelo por partes (cada 10 cm aproximadamente) para no lastimar a los

¹ Dr. Raúl Nieto-Ángel. Profesor-Investigador Titular. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia.

puparios que pudieran estar en esa zona, con unas pinzas sin punta aguda se tomaron los puparios que posteriormente se depositaron en viales de vidrio de 25 mL con suelo del sitio de colecta. Posteriormente se trasladaron al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México, para su procesamiento y esperar la emergencia de los parasitoides y/o moscas. Es importante señalar que se decidió coleccionar puparios en el suelo, debido a que se asumió que los parasitoides tuvieron oportunidad de llegar a todos los estados inmaduros de *R. pomonella*.

Las pupas coleccionadas en campo pasaron por un proceso de desinfección externa con una solución de hipoclorito de sodio al 5%, posterior a ello se colocaron en grupos de 10 confinadas en cajas petri desechables (5 mm) con almohadillas de algodón humedecido con 2 mL de agua destilada y sobre ésta se colocó papel filtro (No. 4). Todo el material utilizado fue esterilizado para evitar contaminación por bacterias u hongos saprófitos. Posteriormente se mantuvieron en la cámara de cría del laboratorio de Entomología del CP, bajo las condiciones arriba señaladas.

Los puparios de *R. pomonella* se revisaron cada tercer día para esperar la emergencia de parasitoides. En caso de contaminación en el papel filtro los puparios fueron transferidos a nuevas cajas de Petri con las condiciones arriba señaladas. El seguimiento de emergencias se registró en una bitácora, anotando los cambios que sucedieron en cada uno de los puparios y cuando se dio el caso de muerte de alguno de ellos, se aisló y determinó la causa.

En noviembre de 2009 se concluyó el seguimiento ya que las emergencias se redujeron a cero en el último mes. Las pupas de las cuales no se obtuvieron parasitoides ni moscas fueron disecadas para determinar su contenido. Todos los organismos emergidos fueron coleccionados en alcohol al 70% y algunos ejemplares se montaron para su identificación.

2.2.4. Identificación del material biológico. Los adultos emergidos tanto de moscas como de parasitoides se separaron por sexo para registro, montaje y posterior identificación. Los adultos de las moscas fueron identificados usando la

descripción de Aluja (1993) y una muestra fue enviada al especialista del grupo (Dr. Vicente Hernández Ortiz, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz) para la corroboración de la especie.

Los parasitoides se montaron en triangulo de cartón y algunos ejemplares se prepararon para fotografía en Microscopio Electrónico de Barrido JEOL-6390, mientras que otros se procesaron para fotografía en un Microscopio Tessoar con una cámara digital para microscopía PaxCam 3.

La identificación preliminar de los parasitoides se realizó mediante el estudio de los caracteres morfológicos utilizando las claves de Wharton & Marsh (1978) y Wharton (2007) para Braconidos; Muesebeck (1980) y Montilla & García (2008) para diapríidos y las provistas por Ávalos-Hernández (2007) y Yao & Yang (2008) para Bombyliidae.

Ejemplares de resguardo de *R. pomonella* y de los parasitoides se depositaron en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados. Un duplicado de los diferentes grupos de parasitoides fue enviado para la identificación con especialistas de los diferentes grupos. Los braconidos fueron enviados al Dr. Wharton de la Universidad de Texas A&M y la Dra. Larissa Guillén de Instituto de Ecología A.C., México; los diapríidos al Dr. Matthew Yoder del Departamento de Entomología de la Universidad de Ohio, Dr. García y Rafael Montilla, del Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Finalmente, los bombíidos se enviaron al M.C. Omar Ávalos-Hernández del Museo de Zoología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.2.5. Determinación del porcentaje de parasitismo. El porcentaje de parasitismo se calculó como lo señala Rull et al. (2009) en el estudio sobre diversidad y abundancia relativa de parasitoides himenópteros de poblaciones mexicanas de *R. pomonella* en tejocote, para lo cual se consideró el número de parasitoides emergidos en relación al total de especímenes emergidos (parasitoides más adultos de *R. pomonella*). Durante la espera de emergencia, en algunas pupas se observó crecimiento de micelios, cuando esto ocurrió se

disecaron los puparios y se realizaron preparaciones temporales para observar las estructuras en un microscopio compuesto. De esta manera se determinó si se trataba de un hongo entomopatógeno o saprófito. Aunado a esto, se disecaron puparios en los que finalmente no se obtuvo emergencia de moscas o parasitoides para determinar su contenido.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las colectas preliminares (enero-febrero de 2007, Banco de Germoplasma) se colectaron 640 puparios de *R. pomonella* de las cuales emergieron 84 moscas y 22 parasitoides pertenecientes a tres especies. Mientras que en el período de exploración (septiembre 2008 a julio 2009, Banco de Germoplasma y San Miguel Tlaixpan) se colectaron 2734 puparios de *R. pomonella*, de los cuales emergieron 997 moscas y 462 parasitoides clasificados en cinco especies distintas (Cuadro 2 y 3).

Del total de puparios de *R. pomonella* colectados en el muestreo preliminar, el 83.5% sufrió daño debido al manejo, y sólo la emergieron 22 parasitoides adultos: cuatro ejemplares de *Diachasmimorpha mexicana* (Cameron) (Braconidae), 10 de *Coptera* sp. (Diapriidae) y ocho de *Hemipenthes blanchardiana* Jaenicke (Bombyliidae).

En los muestreos de exploración, de un total de 2734 puparios colectados en ambos sitios sólo emergieron 1460 insectos, de los cuales 68.3% fueron moscas (997 ejemplares) con un parasitismo total de 31.7% (463 ejemplares). *Coptera* sp. fue el parasitoide más abundante con 373 ejemplares (25.5% del parasitismo total), seguido de *Utetes* near *canaliculatus* (Gahan) con 49 ejemplares (3.4%) y *D. mexicana*, con 33 ejemplares (2.3%) el resto de las especies representaron menos del 0.4% del total de parasitismo. En ambos sitios se colectó un mayor número de puparios al reportado; sin embargo, muchos de estos no se consideraron en el análisis ya que se hallaron vacíos. En los Cuadros 4 y 5 se pueden observar los porcentajes obtenidos para cada una de las fechas de colecta en ambos sitios.

Cuadro 4. Parasitoides nativos de *Rhagoletis pomonella* Walsh asociados a tejocote en el Banco de Germoplasma de *Crataegus* spp., Texcoco, México.

Fecha de colecta	No. total de pupas Colectadas	Total organismos emergidos	Especies emergidas	Total (% emergencia)*
Sep-08	380	196	<i>R. pomonella</i>	151 (77.0%)
			<i>Coptera</i> sp.	26 (13.3%)
			<i>D. mexicana</i>	9 (4.6%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	10 (5.1%)
Oct-08	532	219	<i>R. pomonella</i>	189 (86.3%)
			<i>Coptera</i> sp.	21 (9.6%)
			<i>D. mexicana</i>	9 (4.1%)
Nov-09	401	181	<i>R. pomonella</i>	154 (85.0%)
			<i>Coptera</i> sp.	25 (13.8%)
			<i>D. mexicana</i>	2 (1.1%)
Dic-08	215	129	<i>R. pomonella</i>	108 (83.1%)
			<i>Coptera</i> sp.	18 (13.8%)
			<i>D. mexicana</i>	2 (1.5%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	1 (0.8%)
			<i>Hemipenthes</i>	1 (0.8%)
Mar-09	32	26	<i>R. pomonella</i>	22 (84.6%)
			<i>Coptera</i> sp.	4 (15.4)
May-09	39	32	<i>R. pomonella</i>	25 (78.1%)
			<i>Coptera</i> sp.	4 (12.5%)
			<i>D. mexicana</i>	3 (9.4%)
Jul-09	43	40	<i>R. pomonella</i>	34 (85%)
			<i>Coptera</i> sp.	2 (5.0%)
			<i>D. mexicana</i>	2 (5.0%)
			<i>H. blanchardiana</i>	2 (5.0%)

* El % de parasitismo fue calculado considerando solo los organismos emergidos (*R. pomonella* + parasitoides).

Cuadro 5. Parasitoides nativos de *Rhagoletis pomonella* Walsh asociados a tejocote *Crataegus* spp. en la comunidad de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, México.

Fecha de colecta	No. total de pupas Colectadas	Total organismos emergidos	Especies emergidas	Total (% emergencia) *
Dic-08	143	116	<i>R. pomonella</i>	49 (42.2%)
			<i>Coptera</i> sp.	65 (56%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	2 (1.7%)
Ene-09	151	128	<i>R. pomonella</i>	50 (39.1%)
			<i>Coptera</i> sp.	71 (55.4%)
			<i>D. mexicana</i>	2 (1.5%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	5 (3.9%)
Feb-09	267	118	<i>R. pomonella</i>	47 (39.8%)
			<i>Coptera</i> sp.	58 (49.1%)
			<i>D. mexicana</i>	1 (0.8%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	12 (10.2%)
Mar-09	408	167	<i>R. pomonella</i>	82 (49.1%)
			<i>Coptera</i> sp.	67 (40.1%)
			<i>D. mexicana</i>	1 (0.5%)
			<i>U. near canaliculatus</i>	17 (10.2%)
Jun-09	60	56	<i>R. pomonella</i>	45 (78.9%)
			<i>Coptera</i> sp.	10 (17.5%)
			<i>D. mexicana</i>	1 (1.8%)
			Braconidae morph.sp2	1 (1.8%)
Jul-09	63	47	<i>R. pomonella</i>	41 (87.2%)
			<i>Coptera</i> sp.	5 (10.6%)

El % de parasitismo fue calculado considerando solo los organismos emergidos (*R pomonella*+parasitoides)

En el muestreo exploratorio en el Banco de Germoplasma se obtuvieron 1642 puparios de los cuales emergieron 825 organismos, 683 fueron adultos de moscas (82.8%) por lo que el parasitismo total fue de 17.2% (142 ejemplares) *Coptera* sp. representó el 12.2% del parasitismo total con 100 ejemplares, y fue más abundante en las colectas de septiembre a diciembre (2008). La segunda especie en abundancia fue *D. mexicana*, con 27 especímenes (3.3% de parasitismo). *U. near canaliculatus* representó 1.3% con 11 ejemplares. Por

último, *H. blanchardiana* y el ichneumónido (no identificado) representaron menos del 0.4 %.

En San Miguel Tlaixpan se colectaron un total de 1092 puparios, el total de organismos emergidos fue de 635, de éstos el 49.4% fueron moscas (314 ejemplares) por lo que el porcentaje total de parasitismo fue de 50.6% (321 parasitoides). *Coptera* sp. fue el parasitoide más abundante con 276 especímenes, lo que correspondió al 43.5% de parasitismo total. *U. near canaliculatus* ocupó el segundo lugar en abundancia y representó el 6% de los parasitoides emergidos (38 ejemplares). El resto de las especies (*Diachasmimorpha mexicana* y una especie de Braconidae (No identificado) representaron 1.1% de parasitismo total.

2.3.1. Diapriidae: *Coptera*. Los miembros de la familia Tephritidae son los hospedantes más comunes de las especies de *Coptera*; sin embargo, otros dípteros de las familias Psilidae, Muscidae, Milichiidae, Otitidae, Drosophilidae y Lonchaeidae han sido reportados como hospedantes de estos endoparasitoides de pupas (Aguiar-Menezes et al. 2003, Muesebeck 1980). Para el género *Rhagoletis* existen reportes de *Coptera cingulatae* (Mues.), *C. pomonellae* (Mues.), y *C. occidentalis* (Mues.) como parasitoides de puparios (Muesebeck 1980); por otra parte Hagen et al. (1981) reportan, a partir de la exposición a los parasitoides *C. evansi* (Mues.) y *C. occidentalis* (Mues.) en laboratorio a puparios de *Rhagoletis completa* Cresson como hospedantes. Muesebeck (1980) describe nuevas especies y cuatro de éstas son parasitoides de *R. pomonella* (*C. cingulatae*, *C. pomonellae*, *C. evansi*, y *C. occidentalis*).

Los ejemplares colectados en el presente estudio correspondieron a una sola morfoespecie. De acuerdo con la revisión de las claves taxonómicas de los diferentes autores ya mencionados, las características morfológicas de los ejemplares colectados, tanto de hembras (Figura 2 y 3) como de machos (Figura 4), no correspondieron con ninguna de las especies reportadas como parasitoides de *R. pomonella* y tampoco con las descritas por Muesebeck (1980) quien realizó el último trabajo sobre taxonomía del género en la región Neártica. Por otra parte, para las especies del Neotrópico descritas por Montilla & García (2008) y por

Loiácono (1981) tampoco coincidieron las características de los ejemplares obtenidos. Másner & García (2002) mencionan que es posible que existan 150 especies de este género en el Neotrópico, la mayoría aun sin describir. Es posible que suceda lo mismo con las especies mexicanas ya que se han hecho muy pocas exploraciones de este grupo. Los especímenes se encuentran en proceso de determinación por los especialistas del género, y es muy probable que no sólo se trate de una especie no reportada para *R. pomonella*, (cuadro 3) sino que también puede tratarse de una especie no descrita por lo que el hallazgo constituye un nuevo reporte para este hospedante y posiblemente una nueva especie para la ciencia.

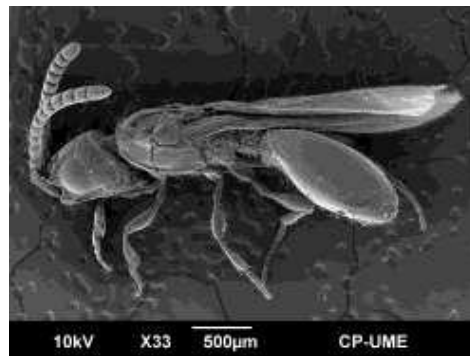


Fig. 2 Adulto hembra de *Coptera* sp.

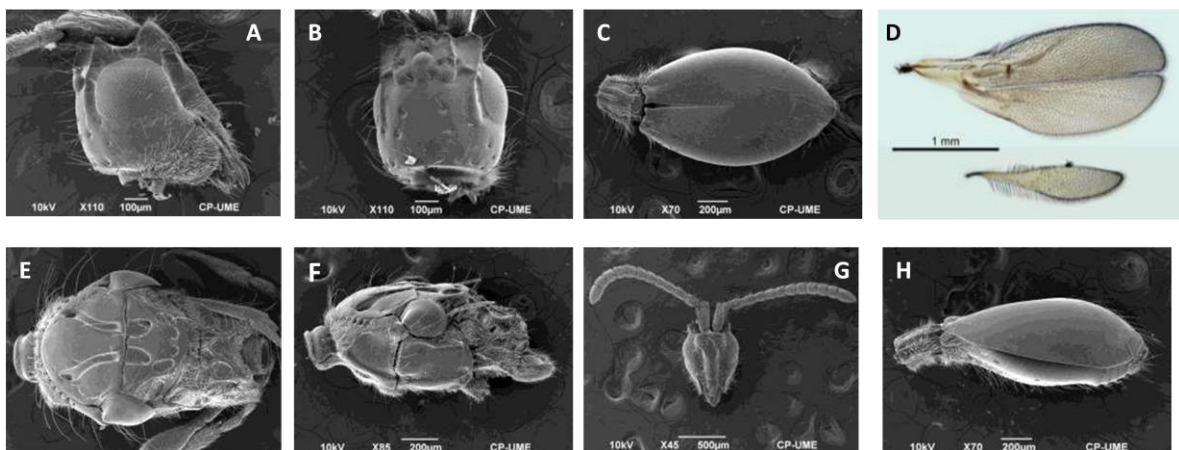


Fig. 3. Estructuras de adulto hembra de *Coptera* sp. A. Vista lateral cabeza. B. Vista dorsal cabeza. C. Vista dorsal abdomen. D. Alas anterior y posterior. E. Vista dorsal de tórax. F. Vista lateral de tórax. G. Antenas. H. Vista lateral abdomen.

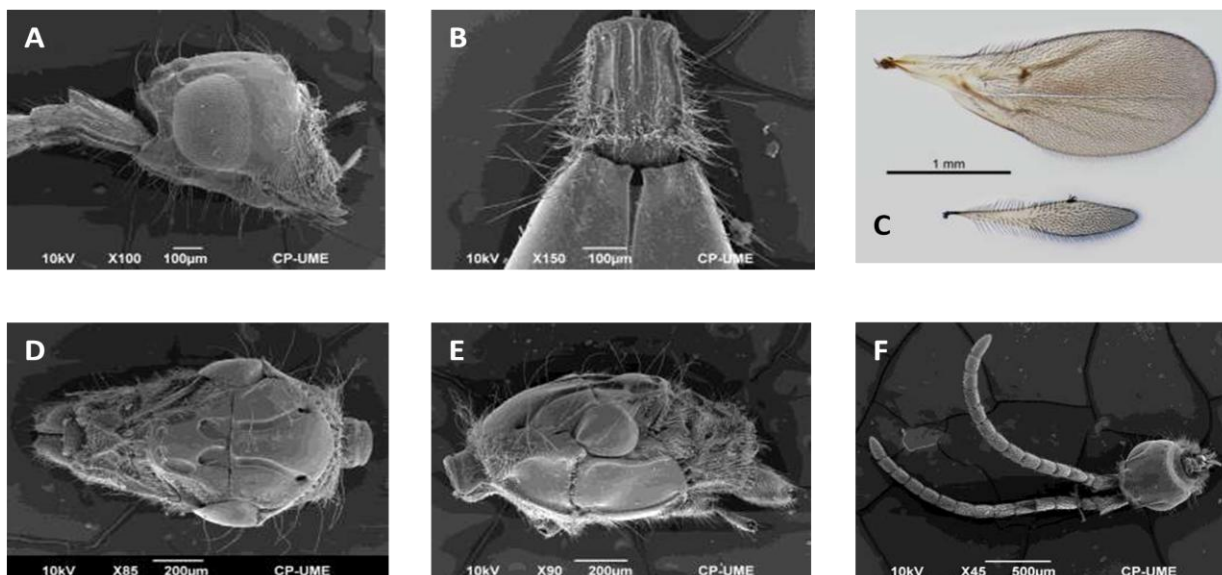


Fig. 4. Estructuras de adulto macho de *Coptera* sp. A. Vista lateral cabeza. B. Vista dorsal abdomen. C. Alas anterior y posterior. D. Vista dorsal de tórax. E. Vista lateral de tórax. F. Antenas.

El porcentaje de parasitismo total atribuible a *Coptera* en San Miguel Tlaixpan (43.5%) fue mayor al encontrado en el Banco de Germoplasma (12.2%). La diferencia pudiera deberse a las condiciones ambientales, tipo y condiciones de suelo y diversidad en especies vegetales. Por ejemplo en las huertas de traspatio de San Miguel Tlaixpan, existe una alta diversidad vegetal, y las plantas reciben un aporte más constante de agua, lo que podría contribuir a generar estabilidad en la población de este parasitoide; mientras que en el banco de germoplasma existen muchas accesiones de *Crataegus* spp., se trata de un monocultivo, y las aportaciones adicionales de agua son escasa y/o nulas, restando pues las condiciones adecuadas para el establecimiento de mayor cantidad de individuos de este diapriido.

2.3.2. Braconidae. En América existen reportes de un gran número de especies de braconidos de la subfamilia Opiinae atacando tefrítidos (Wharton & Marsh 1978) y se han reportado al menos nueve especies distribuidas en cinco géneros atacando larvas de *R. pomonella*.

Diachasmimorpha. El género incluye especies de las regiones Neárticas y Neotropicales del Norte, Indo-Australiana y Afrotropical (Wharton 2007). Algunas

especies de este género estaban situadas en los géneros *Opius* y *Biosteres* y fueron transferidas al género *Diachasmimorpha* por Van Achterberg & Mateo en 1990 (Wharton 2007). Este género ha sido reportado atacando tefrítidos sobre todo en el género *Anastrepha* spp., dentro de éstos se incluye la especie exótica *D. longicaudata* (Wharton et al. 1981, Aluja et al. 1990, López et al. 1999, Hernández-Ortiz 2006). Las especies reportadas en asociación con *R. pomonella* son *Diachasmimorpha mellea* (Gahan) (Wharton & Marsh 1978) (*sin. Biosteres rhagoletis* Richmond) (Richmond 1915) y *Diachasmimorpha mexicana* (Rull et al. 2009). Ambas especies están ubicadas dentro del grupo *mexicana*, la primera se reporta como hospedante *R. pomonella* y está asociada a plantas en el género *Crataegus* spp. (Maier 1981, Gut & Brunner 1994, Stelinski et al. 2004). Para el caso de *D. mexicana*, Wharton (2007) menciona que no existen registros de hospedantes; sin embargo en 2009, Rull et al. obtuvieron cuatro ejemplares de puparios de *R. pomonella* a partir de frutos infestados en Hidalgo y Puebla, y reportan un parasitismo de 1.8% y 4.3% respectivamente. En ese mismo trabajo se realizaron colectas en Texcoco, pero no se obtuvo la emergencia de ningún parasitoide.

De acuerdo con las claves morfológicas de Wharton (2007), y la corroboración del mismo autor, la especie encontrada en este trabajo se determinó como *D. mexicana* (Figura 5), la cual ocupó el segundo lugar en abundancia en el Banco de Germoplasma, con 3.3% de parasitismo (27 ejemplares) mientras que en San Miguel Tlaixpan fue menos abundante con 0.9% (6 ejemplares). Estos niveles de parasitismo son parecidos a los obtenidos por Rull et al. (2009) en el único trabajo sobre parasitoides de *R. pomonella* en México. El número de parasitoides colectados en los meses de exploración en ambos sitios, fue bajo (en promedio 2.5 individuos/colecta) con excepción de *Coptera* (en promedio 29 individuos/colecta), que se colectó en todos los meses de muestreo.

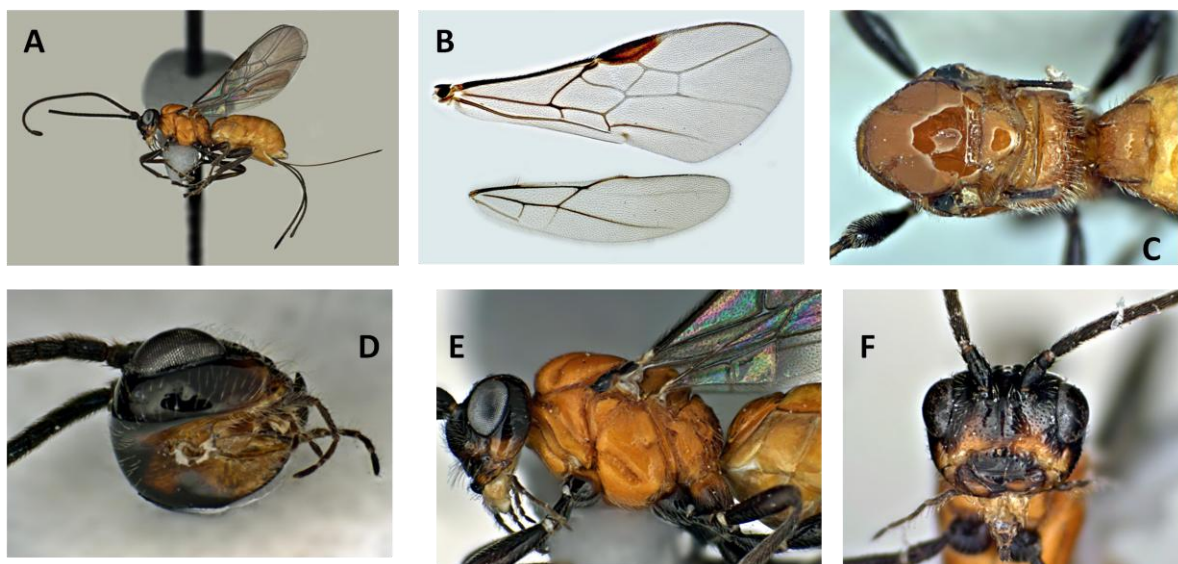


Fig. 5. A. Hembra del braconido *Diachasmimorpha mexicana*. B. Alas anterior y posterior. C. Vista lateral tórax. D. Vista lateral cabeza. E. Vista lateral tórax. F. Vista frontal cabeza.

***Utetes* (Gahan) (= *Opius*).** Estos miembros de *Braconidae* son de distribución mundial, y sólo un cuarto de las especies de este género han sido descritas y se han obtenido a partir de especies de tefritidos. En las regiones Neárticas y Paleárticas, *Rhagoletis* se presenta como un importante hospedante; sin embargo, también se reportan especies de *Utetes* atacando a diversas familias de Diptera como Agromyzidae y Anthomyiidae (Wharton 2007).

Fischer (1972) reconoció a éste como subgénero de *Opius* pero Wharton (1988) lo eleva a un rango genérico, sin embargo la mayoría de las especies no se transfirieron a *Utetes* si no hasta 1997 (Wharton 2007). *U. canaliculatus* es una especie que se reporta atacando a *R. pomonella* y a otras especies del género como *R. cornívora*, *R. fausta*, *R. mendax*, *R. tabellariae* y *R. zephyria* en E.U. y Canadá (Wharton & Marsh 1978, CPC 2010).

Rull et al. (2009) reportó a *U. canaliculatus* como una especie compartida biogeográficamente en México y Estados Unidos, por lo que era de esperarse la presencia de esta especie en la zona de colecta. De acuerdo con las claves morfológicas de Wharton & Marsh (1978), Wharton (2007), y la corroboración por parte del propio Dr. Wharton, la especie no puede determinarse con certeza, de manera que fue identificada como *U. near canaliculatus* (Figura 6) (Wharton

comunicación personal, 2010²). Algunos ejemplares están en revisión por el especialista y es probable que se trate de una variante de esta especie o incluso una especie no descrita.

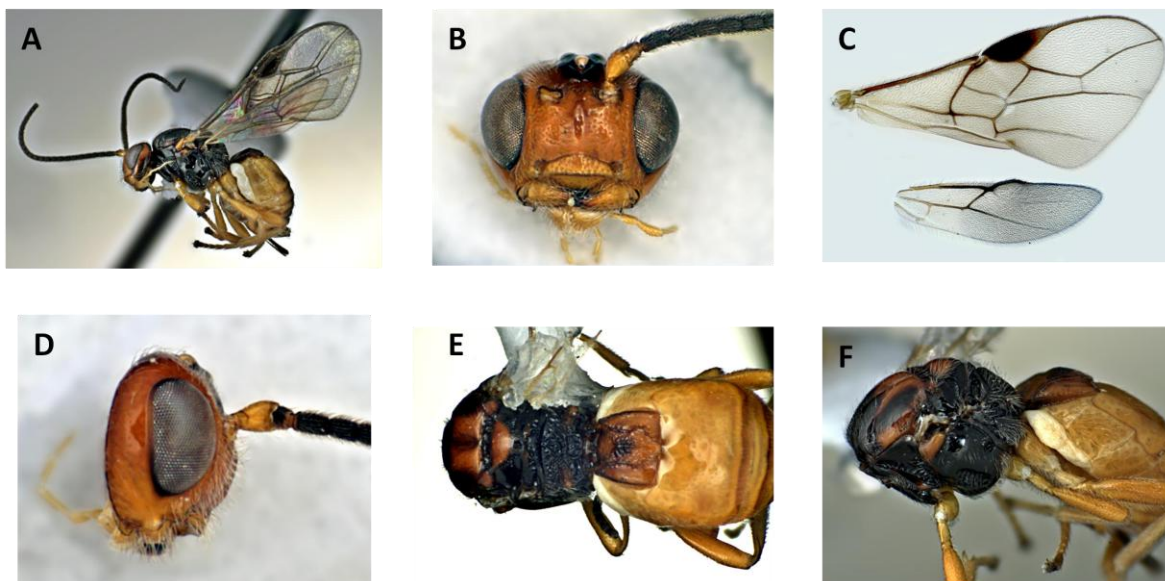


Fig. 6. A. Hembra del braconido *Utetes* near *canaliculatus*. B. Vista frontal cabeza. C. Alas anterior y posterior. D. Vista lateral cabeza. E. Vista dorsal tórax. F. Vista lateral tórax.

En las colectas realizadas en el Banco de Germoplasma, se obtuvo un menor porcentaje de parasitismo con respecto a las colectas de San Miguel Tlaixpan. El nivel de parasitismo fue de 1.3% (11 ejemplares), mientras que en San Miguel Tlaixpan fue de 6% (38 ejemplares), esto puede deberse al efecto positivo de las condiciones ambientales que prevalecen en San Miguel Tlaixpan como se menciona para el caso de *Coptera*. Del total de las colectas de *U.* near *canaliculatus* en el Banco de Germoplasma, el 91% fue obtenido en septiembre (2008) y sólo un ejemplar se obtuvo en diciembre (2008); mientras tanto, en San Miguel Tlaixpan se obtuvieron ejemplares de esta especie en casi todos los meses de colecta, excepto en junio y julio. El bajo nivel parasitismo también puede estar dado por el hecho de que para el caso de los sitios de colecta mencionados, no se aprecia una competencia entre moscas de *Rhagoletis* y otras plagas como palomillas o picudos, de manera que las larvas que infestan los tejocotes quedan en la parte más interna de la fruta, logrando reducir el alcance de la oviposición de ambos parasitoides (*D. mexicana* y *U.* near *canaliculatus*),

² Dr. Robert Wharton. Department of Entomology. Texas A&M University. College of Agriculture and Life Science.

aunado a ello el tamaño del ovipositor de estos parasitoides puede no ser suficiente para alcanzar las larvas que se encuentran dentro del fruto, lo cual es referido por Feder (1995), quien describe para este caso en particular un “escape de enemigos naturales”.

2.3.3. Bombyliidae (Diptera). Los bombílidos pertenecen a la superfamilia Bombylioidea y están relacionados con las familias Asilidae y los Therevidae (Evenhuis 2008). Es una de las familias más diversas dentro del orden Diptera, sin embargo, no existe gran abundancia de individuos (Ávalos 2007) y quizá esta sea la razón de que esta familia sea muy poco estudiada.

***Hemipenthes*.** El único registro encontrado en la literatura de parasitismo por bombílidos en el género *Rhagoletis* es *Thyridanthrax after* sobre *R. batava* (Kandybina 1977). Por lo que el presente trabajo proporciona el primer registro de *Hemipenthes blanchardiana* como parasitoide de *R. pomonella*. En la subfamilia Anthracinae se incluye el género *Hemipenthes* que tiene una distribución mundial e incluye a 77 especies conocidas (Yao & Yang 2008). Ávalos-Hernández (2007) realizó colectas de este y otros géneros de bombílidos en una reserva en Morelos y describe a *Hemipenthes* como organismos que presentan una conducta territorial sobre cuerpos de agua; sin embargo, no existía reporte alguno acerca de la biología de este parasitoide sobre tefrítidos hospedantes.

El hallazgo de la especie *H. blanchardiana* (Figura 7) sobre puparios de *R. pomonella* constituye el primer reporte mundial de este parasitoide. En el Banco de Germoplasma en el muestreo preliminar, se obtuvieron ocho ejemplares adultos y la especie fue determinada por Omar Ávalos-Hernández (2009). Al momento de disecar los puparios se encontraron tres pupas de este bombílido, una en el mes de diciembre y dos en julio, no hubo emergencia de adultos como ocurrió en el muestreo preliminar, esto puede deberse a dos razones, primero, porque este insecto se presenta a en bajas densidades ya sea como parasitoide o hiperparasitoide (Ávalos 2010, comunicación personal³) y segundo, los árboles de tejocote en el Banco a partir de la cosecha de octubre 2007 (octubre-noviembre),

³M.C. Omar Ávalos-Hernández. Museo de Zoología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

sufrieron un daño considerable debido a la falta de agua y nutrientes . La falta de humedad pudo afectar de manera importante la viabilidad de los puparios y probablemente *H. blanchardiana* sea una especie sensible a los cambios drásticos, estos efectos de variación ambiental pueden afectar la dinámica poblacional de parasitoides (Rull et al. 2009).

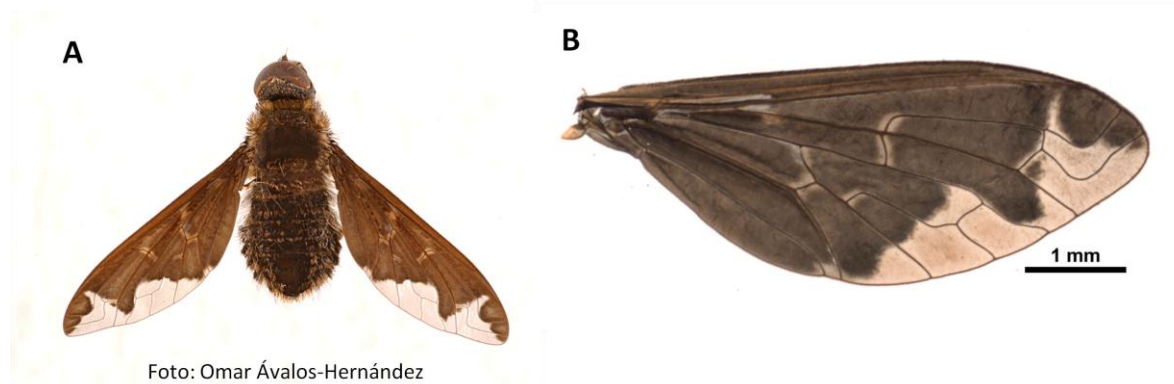


Figura 7. A. Adulto de *Hemipenthes blanchardiana* B. Patrón de manchas de ala anterior.

En términos generales, es probable que el porcentaje de parasitismo obtenido en campo esté sobre o subestimado; Hagley et al. (1993), reportó que en los estados de larvas y pupas de *Rhagoletis pomonella* la mortalidad natural es alta y Monteith (1971 & 1977), señala que el parasitismo no es un factor de importancia en la mortalidad de larvas y pupas de *R. pomonella*, en ese mismo sentido, Rull et al. (2009) consideran que la mortalidad puede ser causada por un agotamiento en las reservas de energía durante la diapausa antes de la emergencia de moscas, y aunada a esta situación, los parasitoides pueden fracasar para completar su desarrollo y emergencia por diferentes razones. Las condiciones ambientales pueden ejercer también un efecto diferente en cada uno de los organismos, afectando el desarrollo de los parasitoides en mayor medida que el de las moscas, lo cual restringe la emergencia de los parasitoides (Feder 1995). El bajo porcentaje de emergencia de los braconidos y las nulas emergencias de *H. blanchardiana* en el segundo periodo de colecta pudo deberse precisamente a este tipo de influencias. Otro factor influyente es la variabilidad en los distintos genotipos de árboles de tejocote (*Crataegus* sp.) en el Banco de Germoplasma y en mucho menor medida también en San Miguel Tlaixpan, que incluye variedades tempranas y tardías y esto, según lo que explica Rull et al. (2009), puede

provocar que a los parasitoides se les dificulte coincidir en el tiempo con los estados inmaduros de las moscas en la fruta.

2.4. LITERATURA CITADA

- Aguiar-Menezes, E.L., E.B. Menezes & M.S. Loíacono. 2003. First record of *Coptera haywardi* Loíacono (Hymenoptera: Diapriidae) as a parasitoid of fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Brazil. *Neotrop. Entomol.*, 32: 355-358.
- AliNiazee, M.T. 1985. Opiinae parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of *Rhagoletis pomonella* and *R. zephyria* (Diptera: Tephritidae) in the Willamette Valley, Oregon. *Can. Entomol.*, 117: 163-166.
- Aluja, M. 1993. *Manejo Integrado de Moscas de la Fruta*. Ed. Trillas. México. 241 p.
- Aluja, M., J. Guillen, P. Liedo, M. Cabrera, E. Ríos, G. De la Rosa, H. Celedonio, & D. Mota. 1990. Fruit infesting tephritids (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids in Chiapas, Mexico. *Entomophaga*. 35: 39-48.
- Ávalos-Hernández, O. 2007. Bombyliidae (Insect:Diptera) de Quilamula en el área de Reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta. Zool. Mex.*, 23: 139-169.
- Baranowski, R.M., H. Glenn & J. Sivinski. 1993. Biological Control of the Caribbean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.*, 76: 245-251.
- Boller, E. F. & R. J. Prokopy. 1976. Bionomics and management of *Rhagoletis*. *Ann. Rev. of Entomol.*, 21:223-246.
- Cameron, P.J. & F.O. Morrison. 1977. Analysis of mortality in the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Quebec. *Can. Entomol.*, 109: 769-787.
- Dean, R. W. & Chapman, P. J. 1973. Bionomics of the apple maggot in Eastern New York, *Search Agric. Entomol.* Geneva, N.Y. 3:62 pp.
- Feder, J.L. 1995. The effects of parasitoids on sympatric host races of *Rhagoletis pomonella*. *Ecology*, 76: 801-813.
- Evenhuis, N.L. 2008. *A compendium of zoological type nomenclature: a reference source*. USA, Bishop Museum Press, Bishop Museum Technical report 41. 23 pp.
- Fischer, M. 1972. Hymenoptera, Braconidae (Opiinae I). *Das Tierreich.*, 91: 1-620.

- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Edit. UNAM. D. F., México. 246 p.
- García, J.L. & R. Montilla. 2001. *Coptera haywardi* Loiácono (Hymenoptera: Diapriidae) a parasitoid of pupae of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Venezuela. *Entomotropica*, 16: 191-195.
- Glas, P.C.G. & L.E.M. Vet. 1983. Host-habitat location and host location by *Diachasma alloeum* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Rhagoletis pomonella* Walsh (Diptera: Tephritidae). *Neth. J. Zool.*, 33: 41-54.
- Gut, L.J. & J.F. Brunner. 1994. Parasitism of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*, infesting hawthorns in Washington. *Biocontrol*, 39: 41-49.
- Hagen, K.S., R.L. Tassan & M. Fong. 1981. *Biological control of walnut husk fly*. Walnut Research Reports. University of California. Publicación en línea http://walnutresearch.ucdavis.edu/1983/1983_40.pdf (Consultada el 10 de Julio de 2010)
- Hagley, E.A.C., A.R. Biggs, G.E. Timbers & J. Coutu-Sundy. 1993. Effect of age of the puparium of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae), on parasitism by *Phygadeuon wiesmanni* Sachtl (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Can. Entomol.*, 125: 721-724.
- Hernández, O. V., I. Morales, C. Vergara. 2004. Detección de poblaciones de *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) durante la fructificación de *Crataegus mexicana* (Rosaceae) en Puebla, México. *Act. Zool. Mex.*, 20:1(119-129).
- Kandybina, M.N. 1977. Lichinki plodovyykh mukh-pestrokylok (Diptera, Tephritidae) (Translated in 1987 by G. Saad. [Larvae of fruit-infesting fruit flies (Diptera, Tephritidae)]. *Opredeliteli Po Faune SSSR*. No. 114: 1-210.
- Loiacono, M.S. 1981. Notas sobre Diapriinae neotropicales (Hymenoptera, Diapriidae). *Rev. Soc. Entomol. Argentina*, 40: 237-241.
- López, M., M. Aluja, and J. Sivinski. 1999. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Biol. Control* 15:119-129.

- Maier, C.T. 1981. Parasitoids emerging from puparia of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) infesting hawthorn and apple in Connecticut. *Can. Entomol.*, 113: 867-70.
- Másner L, & J.L. García 2002. The Genera of Diapriinae (Hymenoptera: Diapriidae) in the New World. Bulletin of the American Museum of Natural History. New York, USA. N° 268, 138 p.
- Menezes, E., J. Sivinski, T. Holler, M. Aluja, F. Jerónimo & E. Ramírez. 1998. Development of *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) in irradiated and unirradiated pupae of the caribbean fruit fly and the mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Fla. Entomol.*, 81: 567-570.
- Monteith, L.G. 1971. The status of parasitoids of the apple maggot *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Ontario. *Can. Entomol.*, 103: 507-512.
- Monteith, L.G. 1977. Additional records and the role of parasitoids of the apple maggot *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 108: 3-6.
- Montilla, R. & J.L. García. 2008. Nuevas especies de *Coptera* Say (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae: Psilini) para Venezuela. *Entomotropica*, 23: 43-95.
- Muesebeck C. F. W. 1980. The nearctic parasitic wasp of the genera *Psilus* Panzer and *Coptera* Say (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae). *US Dep. Agric. Tech. Bul.*, 1617. 71 pp.
- Narayanan, E.S. & S.S. Chawla. 1962. Parasites of fruit fly pests of the world with brief notes on their bionomics, habits and distribution. *Beiträge Entomol.*, 12: 437-476.
- Pérez, L.M. 2009 (Electrónico). *Población y Sociedad: Cuatro comunidades del Acolhuacan*. Edit. Universidad Iberoamericana. Edición impresa 1975 INAH. México.
- Prokopy, R.J. & R.P. Webster. 1978. Oviposition deterring pheromone in *Rhagoletis pomonella*: A kairomone for its parasitoid *Opius lectus*. *J. Chem. Ecol.*, 4: 481-494.
- Richmond, E.A. 1915. *Biosteres rhagoletis* Richmond, sp. n., a parasite of *Rhagoletis pomonella* Walsh. *Can. Entomol.*, 47: 293-295.

- Rivard, L. 1967. *Opius lectus* and *O. alloeus* (Hymenoptera: Braconidae), larval parasites of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Quebec. *Can. Entomol.*, 99: 895-896.
- Rull, J., R. Wharton, J.L. Feder, L. Guillén, J. Sivinski, A. Forbes & M. Aluja. 2009. Latitudinal Variation in parasitoid guild composition and parasitism rates of North American hawthorn infesting *Rhagoletis*. *Environ. Entomol.*, 38: 588-599.
- Stelinski, L.L., L.J. Gut, A.V. Pierzchala, & J. R. Miller. 2004. Field observations quantifying attraction of four tortricid moths to high-dosage pheromone dispensers in untreated and pheromone-treated orchards. *Entomol. Exp. Appl.* 113: 187-196.
- Wharton, R.A. 2007. Parasitoids of fruit-infesting Tephritidae. Publicación en línea <http://hymenoptera.tamu.edu/paroffit/> (Consultada el 10 de Julio de 2010).
- Wharton, R. A. & P. M. Marsh. 1978. New world Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) parasitic on Tephritidae (Diptera). *J. Wash. Acad. Sci.*, 68: 147-167.
- Wharton, R.A., F.E. Gilstrap, R.H. Rhode, M. Fischel & W.G. Hart. 1981. Hymenopterous egg-pupal and larval-pupal parasitoids of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. [Dip.: Tephritidae] in Costa Rica. *Entomophaga*, 26(3): 285-290.
- Yao, G. & D. Yang. 2008. Two new species of *Hemipenthes* Loew from Oriental China (Diptera: Bombyliidae). *Zootaxa*, 1689: 63-68.
- Yee, L.W. & R.B. Goughnour. 2008. Host plant use by and new host records of apple maggot, western cherry fruit fly, and other *Rhagoletis* species (Diptera: Tephritidae) in western Washington state. *Pan-Pac Entomol.*, 84: 179-193.

CAPITULO III
OCURRENCIA DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS ASOCIADOS AL
TEJOCOTE *Crataegus* spp. Y SU EVALUACIÓN EN ESTADOS INMADUROS
DE *Rhagoletis pomonella* Walsh

RESUMEN

Se colectaron muestras de suelo en cuatro sitios del centro de México con plantaciones de tejocote (*Crataegus* spp.) de pequeña y mediana producción. Se utilizaron larvas de *Galleria mellonella* como cebo para la colecta de hongos. Bajo condiciones controladas se obtuvieron 26 aislamientos de hongos entomopatógenos las cuales se ubicaron en tres especies. *Beauveria bassiana* fue la especie que se encontró en todos los sitios de colecta. *Metarhizium anisopliae* únicamente se localizó en un sitio al igual que *Paecilomyces fumosoroseus*. Nueve aislamientos de estos se seleccionaron para su evaluación en larvas y puparios de *Rhagoletis pomonella*. Los experimentos se condujeron en tres fechas diferentes mostrando que la mortalidad producida por *B. bassiana* fue similar en los tratamientos ($X^2= 0.39$, $P= 0.853$) al igual que la producida por *M. anisopliae* ($X^2= 0.24$, $P=0.788$). La proporción de mortalidad en puparios fue de cero. El aporte de este trabajo fue el establecimiento del primer antecedente de estudio sobre la patogenicidad de hongos entomopatógenos en *R. pomonella*.

Palabras clave: mosca de la fruta, control biológico, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, patogenicidad.

CHAPTER III
OCCURRENCE OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI ASSOCIATED TO
HAWTHORN *Crataegus* spp. AND ITS EVALUATION ON INMATURE STAGE
OF *Rhagoletis pomonella* Walsh

ABSTRACT

Soil samples were collected in medium to small plantations of Mexican hawthorn *Crataegus* spp. at four different locations in central Mexico. Larvae of *Galleria mellonella* were used as bait to collect fungus. Under controlled conditions, were obtained 26 isolates of entomopathogenic fungi which were placed in three main species. *Beauveria bassiana* was found at all locations, while *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* were found only at one location. Nine of these isolates were selected for testing in larvae and puparia of *Rhagoletis pomonella*. The experiments were conducted at three different dates and the results show that mortality by *B. bassiana* was similar between treatments ($X^2 = 0.39$, $P = 0.853$) as well as that produced by *M. anisopliae* ($X^2 = 0.24$, $P = 0.788$). The mortality rate was zero in puparia. The contribution of this research was the establishment of the record of study of the effect of entomopathogenic fungi in *R. pomonella*.

Key words: Fruit fly, apple fly, biological control, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, pathogenicity.

3.1 INTRODUCCION

Rhagoletis pomonella es una de las dos especies de insectos más agresivas en el cultivo del tejocote *Crataegus* spp. en plantaciones de baja y mediana producción del centro de México (Muñiz et al. 2011). Para el manejo de este insecto se recomienda la realización de prácticas culturales, uso de trampas con atrayente y con frecuencia la aplicación de insecticidas químicos. Respecto al control biológico para esta especie, los trabajos realizados hasta ahora se han enfocado en la búsqueda de parasitoides nativos, sin embargo existen otros organismos con un posible potencial de uso como los hongos entomopatógenos, los cuales pueden incidir en la disminución de poblaciones de este insecto a la vez que responda a la necesidad de encontrar alternativas de control más amigables con el medio ambiente.

Los hongos entomopatógenos representan una alternativa en la disminución de poblaciones de plagas (Tanada & Kaya 1993), son habitantes naturales del suelo (Klingen et al. 1998, Mietkiewski & Tkaczuk, 1998) y se han reportado como agentes de control biológico de insectos plagas del suelo (Wraight & Roberts, 1987, Villani et al. 1994, Rath et al. 1995, De la Rosa et al. 1997, Keller 2000, Dolci et al. 2005). Los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* son los más comúnmente distribuidos en suelos de todo el mundo (Klingen et al. 1998, Mietkiewski & Tkaczuk 1998), no obstante existen diversos factores intrínsecos y extrínsecos que tienen influencia en la abundancia y distribución de estos y otros hongos entomopatógenos (Bais et al. 2006, Scheepmaker & Butt 2010), lo que también afecta la eficacia de éstos sobre sus hospedantes (St. Leger 2008).

El uso de hongos entomopatógenos nativos conlleva mayores ventajas respecto a los introducidos, ya que los primeros consisten en combinaciones de líneas genéticas las cuales están razonablemente adaptadas a la región en donde se desarrollaron, sin embargo difieren en cuanto a la reacción frente a los insectos hospedantes, ya que es necesario tomar en cuenta la propia biología de los mismos (Samson et al. 1988, Dembilio et al. 2010). Al respecto, es importante considerar puntos básicos en el estudio de estos organismos (Meyling & Eilenberg, 2007), tales como la identificación morfológica de las especies

presentes, su organización espacial y temporal (diversidad estructural) así como de las interacciones y sinergismos (diversidad funcional) (Mäser et al., 1999), lo que permite proponer estrategias de manejo.

Por otra parte, la evaluación de hongos nativos sobre insectos hospedantes en condiciones de laboratorio y campo, determina el potencial de uso dentro de un esquema de conservación o incremento de enemigos naturales de cualquier plaga, lo que sin duda es un paso a seguir en la transición de una agricultura convencional a una agricultura tendiente a ser sustentable.

Dado lo anterior, esta investigación se centra en dos objetivos, primero la búsqueda de hongos entomopatógenos nativos provenientes de suelo asociado al cultivo del tejocote en zonas de diferente nivel de producción y por otra parte la evaluación de dichos aislamientos en larvas y puparios de *Rhagoletis pomonella*.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Ocurrencia de hongos entomopatógenos asociados a tejocote *Crataegus* spp.

3.2.1.1. Sitio de colecta. Los puntos de muestreo en suelo se llevaron a cabo en tres zonas con diferente propósito de plantación de tejocote: 1) Banco de Germoplasma de *Crataegus* spp., del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en el cual existen más de 100 genotipos provenientes de todo el país. 2) Huertos familiares en la comunidad de San Miguel Tlaixpan, Texcoco, donde el tejocote no es el elemento principal, se encuentra en hileras asociado con otros frutales y herbáceas con diferente uso. 3) La zona productora de tejocote de la región Izta-Popo, Puebla, en las comunidades de San Agustín Atzompa y Domingo Arenas, en huertas comerciales de mediana producción pero al igual que San Miguel, asociado con otros cultivos.

3.2.1.2. Obtención de muestras de suelo. Entre 2008 y 2009 se colectó 15 muestras de suelo de cada una de las cinco localidades seleccionadas, dando un

total de 75 muestras de suelo. Cada muestra de suelo (1 kg aproximadamente) se colectó a una profundidad aproximada de 20 cm, removiendo ligeramente la parte superficial del suelo. Las muestras se depositaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y posteriormente llevadas al laboratorio y mantenidas a una temperatura de 4° C por no más de seis meses.

Para el procesamiento, se tomaron cada una de las 15 muestras colectadas por sitio y se tamizaron para eliminar las partículas de mayor tamaño. La mitad de cada muestra se utilizó para realizar el trapeo con larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) y detectar presencia de hongos entomopatógenos. La otra mitad de cada una de las 15 muestras por localidad se mezclaron para conformar una muestra única de cada sitio y se llevó al Laboratorio de Física de Suelos del Instituto de Edafología para su posterior análisis físico-químico del cual se determinó pH en agua, conductividad eléctrica, densidad aparente, densidad real, materia orgánica, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de capacidad de intercambio catiónico y textura de cada muestra de suelo.

3.2.1.3. Colonia de *Galleria mellonella*. Las larvas de esta especie se obtuvieron a partir de una de la cría establecida en el Laboratorio de Patología de Insectos bajo una dieta artificial. Se utilizaron larvas de último instar y además se procuró que el tamaño de las larvas fuera lo más uniforme posible. Se consideraron 3 repeticiones para cada muestra, cada repetición se conformó de 3 larvas, por lo que el total fue de 9 larvas/muestra de cada uno de los sitios de colecta. Todas las larvas empleadas en el trapeo se sumergieron previamente durante 11 a 13 segundos en agua destilada a una temperatura de 56°C con la finalidad de inhibir el proceso de muda y poder manipularlas durante el trapeo en suelo.

Todo el procedimiento se realizó bajo una campana de flujo laminar para evitar contaminación. El suelo se colocó en un recipiente que permitiera mover el suelo y posteriormente se le añadió agua destilada estéril mediante un aspersor de mano para aplicar el agua de manera uniforme. En recipientes de plástico de 100 mL, se colocó suelo húmedo a $\frac{3}{4}$ de su capacidad sin que el suelo se compactara y después se depositaron 3 larvas de *G. mellonella* tratadas como se describió

previamente en cada vaso. Los vasos conteniendo las larvas se etiquetaron, taparon e invirtieron para ser transferidos a cámara de incubación a $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.2.1.4. Aislamiento de hongos entomopatógenos. Después de 72 h de incubación, se revisó el material para observar algún síntoma de infección por hongos en las larvas, todo el material se revisó por siete días adicionales. Los síntomas a observar fueron endurecimiento del cuerpo, puntuaciones oscuras sobre la cutícula o estructuras algodonosas. Cuando algún síntoma se presentó, se realizó una desinfección superficial de la larva con una solución de hipoclorito de sodio al 5% y tres enjuagues posteriores de agua destilada estéril y se secaron sobre papel filtro Whatman No. 2. Cuando se observó alguna larva con cuerpo endurecido se procedió a realizar cortes de no más de 5 mm, los cuales se colocaron en cinco puntos de la caja conteniendo medio de cultivo ADS (Agar Dextrosa Saboreau) BIOXON[®] y se incubó a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. En otros casos se tomó a la larva aun enferma y se confinó en una caja Petri estéril de 5 cm con papel filtro húmedo y se llevó a incubación para esperar el desarrollo claro de síntomas.

Una vez que se desarrollaron esporas, se trabajó con los cadáveres bajo condiciones asépticas en campana de extracción previamente desinfectada con alcohol al 70% y el uso de un mechero de alcohol. Se tomó inóculo del cadáver y se sembró por medio de estría en medio de cultivo ADS en serie de tres repeticiones y se llevaron a incubación por un periodo de hasta 15 días, a lo largo de ese tiempo se revisaron las cajas cada día para ver que no se presentara contaminación en el medio por bacterias u hongos saprófitos. Cuando esto ocurrió, se realizó la purificación del hongo para lo cual se volvió a tomar inóculo, evitando las partes cercanas a la contaminación y se transfirió a una nueva placa de ADS. En los casos de aislamientos que tuvieron un lento desarrollo de esporas, se permitió mayor tiempo de incubación, incluso de hasta 30 d.

3.2.1.5. Obtención de aislamientos a partir de larvas infectadas de campo. Además de obtener aislamientos provenientes de suelo, se logró la colecta de tres larvas infectadas del picudo o barrenador del tejocote *Conotrachelus crataegui* en la zona de Huejotzingo, Puebla en agosto de 2009. Dichos ejemplares fueron

trasladados al laboratorio y el hongo se aisló mediante la misma metodología descrita anteriormente.

3.2.1.6. Cultivos monospóricos y preservación. De cada uno de los aislamientos obtenidos se produjo un cultivo monospórico. La metodología fue la misma para todos los aislamientos. Se tomó inóculo de una colonia esporulada y se introdujo en un vial con 20 mL de solución estéril de Tween 80 al 0.03%, se agitó y tomó una alícuota de 100 μ L la cual fue inoculada en una caja Petri con medio sólido de agar-agar al 1.5%. La alícuota se distribuyó en la caja para asegurar la total cobertura y la dispersión de los conidios. Las cajas se sellaron con parafilm y se incubaron a 25° C durante 24 horas. Posteriormente, y con el uso de un microscopio estereoscópico dentro de la campana de flujo laminar, se tomó un conidio que estuviera germinado y aislado, y se transfirió a otra caja con medio ADS, después se incubó durante 8 a 15 d según se observara el crecimiento y la producción de esporas. En caso necesario, se permitió la incubación hasta por 30 d.

Una vez obtenidos los cultivos monospóricos, se eligió la caja que a simple vista tuviera mayor cantidad de esporas, con el uso de un sacabocados se realizaron perforaciones en el medio y los círculos con medio y conidios se depositaron en crioviales con capacidad de 2 mL conteniendo glicerol al 10% como crioprotectante. Todos los tubos se conservaron en un ultracongelador a -80°C. Aproximadamente se resguardaron seis crioviales por cada aislamiento.

3.2.1.7. Identificación de aislamientos. Utilizando cultivos monospóricos, la identificación de los aislamientos fue realizado mediante la estimación del tamaño de conidios con la siguiente metodología. Con un pincel de pelo de camello del No. 00 se tomó una cantidad no cuantificada de conidios a partir de una colonia de 15 días de edad. Los conidios se distribuyeron a lo largo de un portaobjetos sin presionar para no dañar los conidios. Los portaobjetos conteniendo los conidios se visualizaron en un microscopio compuesto con una cámara digital PaxCam 3, donde se obtuvieron fotografías de los conidios en diferentes campos, y las imágenes se guardaron en archivos para su procesamiento y análisis.

Las fotografías de conidios se procesaron en el programa Adobe Photoshop, con el Image Manipulation Program, y posteriormente con el programa Image Tool ver 3.0 se obtuvieron los valores de redondez, elongación, longitud y anchura de cada uno de los conidios contenidos en las fotografías procesadas. Con esta información y con la revisión de literatura correspondiente se identificaron los aislamientos a nivel de género y especie.

3.2.1.8. Análisis de datos. Los resultados del número de aislamientos encontrados en suelo se analizaron con el paquete estadístico Genstat ver. 8.0 (Payne et al., 2005), con el cual se determinaron diferencias de ocurrencia de hongos entomopatógenos entre las distintas localidades de colecta y posterior a ello la ocurrencia en cada localidad por separado. En el análisis de resultados se incluyen los resultados del análisis de suelo de cada una de las localidades de colecta.

3.2.2. Susceptibilidad de estados inmaduros de *Rhagoletis pomonella* a aislamientos de hongos entomopatógenos.

3.2.2.1. Obtención de larvas de *R. pomonella*. Los ejemplares utilizados para los experimentos de larvas provinieron de la colecta de frutos en campo de *Crataegus* spp. La colecta de frutos se pudo realizar entre los meses de octubre y hasta la primera semana de diciembre del 2009. Para evitar la rápida formación del pupario, las larvas colectadas se colocaron en una caja de Petri con agua destilada estéril de manera que la larva pudiera moverse sin dificultad hasta la realización del experimento.

3.2.2.2. Aislamientos de hongos entomopatógenos nativos. Para los experimentos de patogenicidad se utilizaron cultivos monospóricos de seis aislamientos de *Beauveria bassiana*, cinco provenientes del Banco de Germoplasma de *Crataegus* spp. en Chapingo y uno procedente de San Agustín Atzompa, Puebla; así como tres aislamientos de *Metarhizium anisopliae* nativos de Puebla, se escogieron estos aislamientos por representar mejor las zonas con diferentes formas de producción del cultivo. Los aislamientos se sembraron en cajas de Petri desechables de 90 mm de diámetro conteniendo medio de cultivo

ADS (Agar Dextrosa Saboreau), y se incubaron a 25 °C y oscuridad total durante 10 d para el caso de *B. bassiana* y 25 d para el caso de *M. anisopliae*

3.2.2.3. Obtención de Conidios. Las suspensiones se realizaron colectando los conidios de un cultivo con 15 días de edad, los cuales fueron suspendidos en 15 mL de solución Tween 80 al 0.03% en tubos de centrifugado de 50 mL. Cada tubo se agitó con un vórtex para lograr la separación de conidios y se filtró a otro tubo de centrifugado a través pañalina estéril. El cálculo de la concentración de conidios en cada suspensión se hizo mediante una cámara de Neubauer utilizando una dilución 1 en 1000 de cada suspensión original. Para los experimentos, la concentración de todas las suspensiones se ajustó a 1×10^8 conidios mL^{-1} .

Antes de cada experimento se determinó la viabilidad de los conidios, para lo cual se tomaron 10 μL de la suspensión con la concentración final de 1×10^8 conidios mL^{-1} y se suspendieron en 990 μL de Tween 80 al 0.03%. Después de agitar se depositaron alícuotas de 10 μL en tres puntos diferentes en una caja con medio ADS. Una vez que las suspensiones se secaron, las cajas de Petri se incubaron a 25 °C en total oscuridad. Después de 12 h de incubación el porcentaje de germinación se determinó con el conteo de 100 esporas en cada caja seleccionadas al azar.

3.2.2.4. Inoculación de larvas de *R. pomonella*. Diferentes grupos de 10 larvas se confinaron en cajas de Petri de vidrio de 90 mm de diámetro con papel filtro y agua destilada estéril para mantener a las larvas en buenas condiciones hasta el momento de realizar el experimento además de evitar la formación de pupa de las mismas.

El procedimiento de inoculación fue el mismo para todos los aislamientos. Las larvas colocadas en una pieza de pañalina estéril fueron sumergidas en 20 mL de una suspensión de conidios de concentración 1×10^8 conidios mL^{-1} durante 20 s, posteriormente se secaron en papel absorbente y se colocaron en cajas de Petri de 50 mm de diámetro con papel filtro húmedo. Para el testigo absoluto se sumergieron 10 larvas en 20 mL de Tween 80 al 0.03%. Adicionalmente se

sumergieron larvas de *G. mellonella* en suspensiones de cada aislamiento bajo estudio para confirmar su actividad biológica. Las cajas con los insectos se cerraron y se incubaron a 25 °C en oscuridad total. Después de 24 h de incubación, se revisaron síntomas de infección y se aislaron las larvas que presentaron síntomas para esperar la esporulación. Se anotó el número de individuos muertos con presencia de micelio y al concluir el experimento se disectaron las pupas que aparentemente no mostraron síntomas para determinar si estaba o no infectada.

3.2.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por aislamiento, además del testigo absoluto. El experimento completo se repitió en tres ocasiones diferentes. Los resultados de mortalidad se analizaron mediante un modelo de regresión logística binaria con el paquete estadístico Genstat ver. 8.0 (Payne et al. 2005), donde primero se determinó diferencias entre repeticiones en diferentes ocasiones, para posteriormente analizar el efecto de los aislamientos en la mortalidad de larvas de *R. pomonella*. La mortalidad registrada en las larvas de *G. mellonella* fue únicamente como testigo positivo del experimento por lo que no fue incluido en el análisis.

3.2.3. Susceptibilidad de puparios de *Rhagoletis pomonella* a aislamientos de hongos entomopatógenos.

3.2.3.1. Obtención de puparios de *R. pomonella*. Se realizó la colecta de frutos conteniendo larvas de *R. pomonella* y se permitió su libre salida del fruto. Las larvas fueron recibidas en sustrato estéril y húmedo para permitir la adecuada formación de puparios. El material colectado se mantuvo en cámara de cría en condiciones controladas (25°C; fotoperiodo 14:10 L: O y HR 60%).

3.2.3.2. Aislamientos de hongos entomopatógenos. Los aislamientos de hongos entomopatógenos fueron los mismos empleados en el experimento anterior. Sin embargo, se añadieron tres aislamientos monospóricos obtenidos a partir de larvas infectadas de *Conotrachelus crataegui*, provenientes del municipio de Huejotzingo, Puebla.

Las suspensiones de conidios se realizaron de la misma manera descrita anteriormente.

3.2.3.3. Inoculación de puparios. El procedimiento fue similar que para el caso de larvas, sólo que en este experimento el tiempo de inmersión en la suspensión de conidios fue de 35 s. El tiempo de incubación fue de 25 d y al finalizar este periodo se disectaron las pupas para determinar si había infección por el hongo. Adicionalmente, se realizó estudios de microscopía electrónica de barrido para observar el comportamiento de los conidios sobre la cutícula del pupario, con el fin de obtener información acerca de posibles causas de una baja mortalidad que, basados en trabajos similares en otras especies de insectos taxonómicamente emparentados con *R. pomonella*, se anticipó pudiera ocurrir. Para esto, junto con los puparios empleados en este experimento, se inocularon cinco puparios adicionales. Sesenta días posteriores a la inoculación, los cinco puparios se prepararon para ser fotografiados en un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL-6390) con la finalidad de determinar presencia y estado de los conidios sobre la superficie de la cutícula de los puparios. Este procedimiento fue utilizado para el análisis de adherencia de conidias secas de *Nomuraea rileyi*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* sobre cutícula artificial como modelo de sustrato (Boucias et al. 1988) así como para observar la presencia de conidias en adultos de *C. capitata* infectados con *M. anisopliae* (Quesada et al. 2008).

3.2.3.4. Diseño experimental y análisis estadístico. Todos los tratamientos se realizaron el mismo día y todo el experimento se repitió en tres ocasiones diferentes. La ausencia de mortalidad en todos los tratamientos (aislamientos) no permitió realizar un análisis formal de los datos, por lo que únicamente se procedió a describir los resultados con base en observaciones y fotos obtenidas en el microscopio electrónico de barrido.

3.3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.3.1. Ocurrencia de hongos entomopatógenos asociados a tejocote *Crataegus* spp.

En todas las muestras de suelo colectadas se aislaron hongos entomopatógenos, se obtuvo un total de 26 aislamientos. Los anteriores se ubicaron en tres especies morfológicamente identificadas: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Aislamientos de hongos entomopatógenos provenientes de suelo asociados a tejocote *Crataegus* spp.

Localidad	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
Banco de Germoplasma de <i>Crataegus</i> sp. (BGC)	BbBGC 4-1 BbBGC 4-2 BbBGC 5-1 BbBGC 11-1 BbBGC 14-2	--	--
San Miguel Tlaixpan (SMT)	BbSMT 9-2 BbSMT 10-3 BbSMT 11-2 BbSMT 12-1 BbSMT 14-1	--	PaSMT 1-3 PaSMT 2-3
San Agustín Atzompa (SAA)	BbSAA 1-1	MetSAA 3-2 MetSAA 3-3 MetSAA 4-2 MetSAA 5-2 MetSAA 5-3 MetSAA 15-2 MetSAA 15-3	--
Domingo Arenas (DA)	BbDA 6-1 BbDA 7-3 BbDA 8-1 BbDA 8-3 BbDA 11-2 BbDA 11-3	--	--

El número de aislamientos recuperados representa el número de larvas de *G. mellonella* infectadas por hongos entomopatógenos.

No se encontraron diferencias significativas en el número total de aislamientos recuperados entre las diferentes localidades evaluadas ($F_{3,176} = 0.33$, $P = 0.807$) (Figura 8).

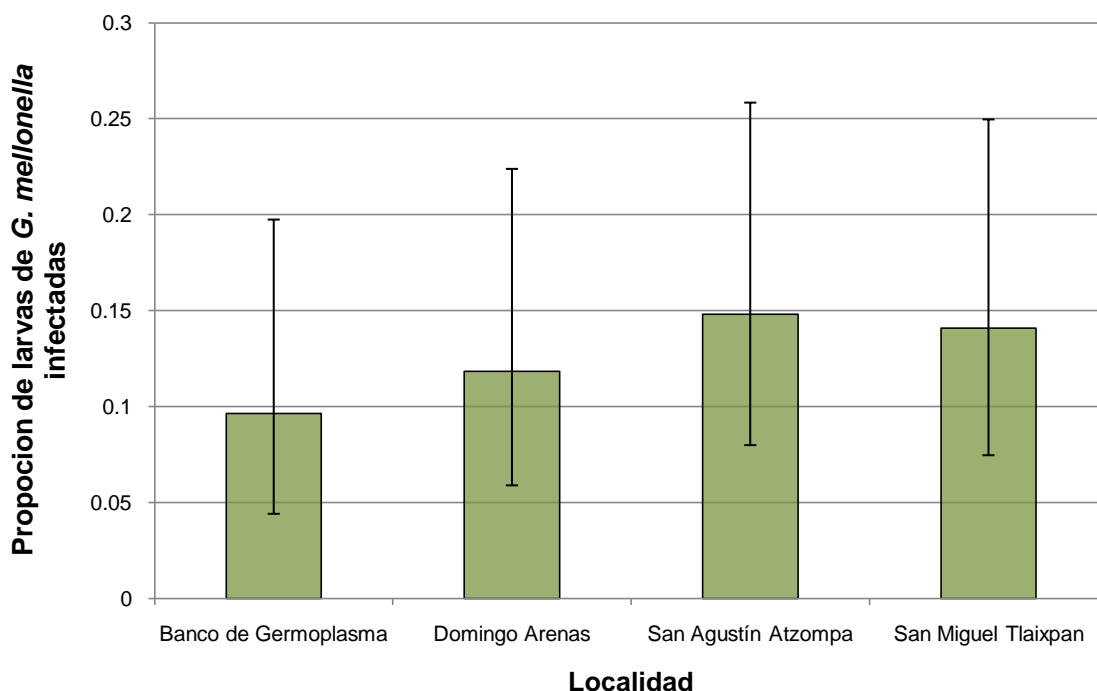


Figura 8. Proporción de aislamientos totales recuperados en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.

El número obtenido de aislamientos de *B. bassiana* vario significativamente entre localidades ($F_{3,176} = 3.23$, $P = 0.024$). En San Agustín Atzompa sólo se obtuvo un aislamiento de esta especie, mientras que en el Banco de Germoplasma y Domingo Arenas todos los hongos aislados pertenecieron a esta especie (Figura 9).

En el caso de *M. anisopliae*, también se observaron diferencias significativas en el número de aislamientos recuperados entre las localidades muestreadas ($F_{3,176} = 32.14$, $P < 0.001$). Todos los aislamientos de *M. anisopliae* se obtuvieron de la comunidad de San Agustín Atzompa (Figura 10).

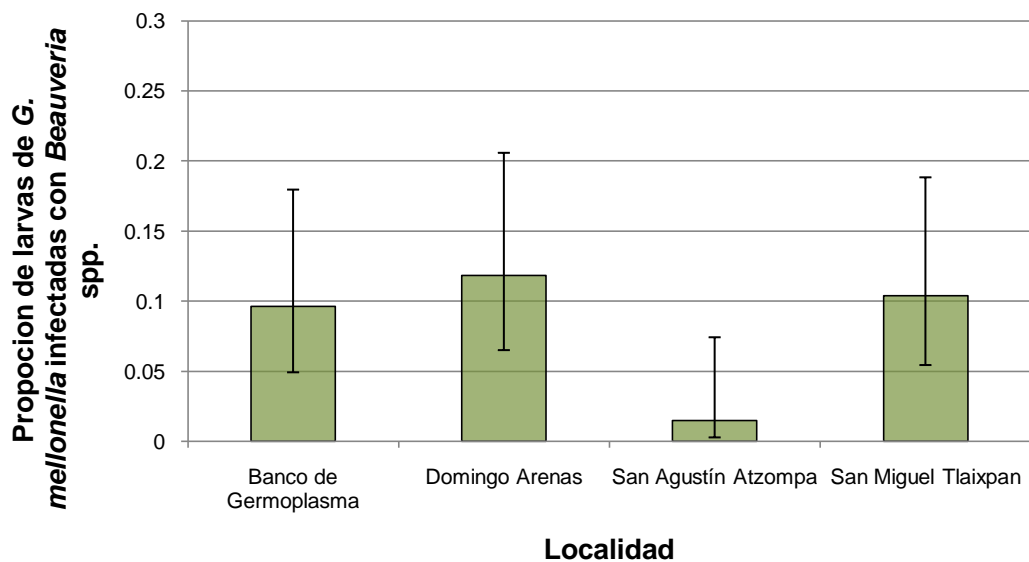


Figura 9. Proporción de aislamientos de *B. bassiana* obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.

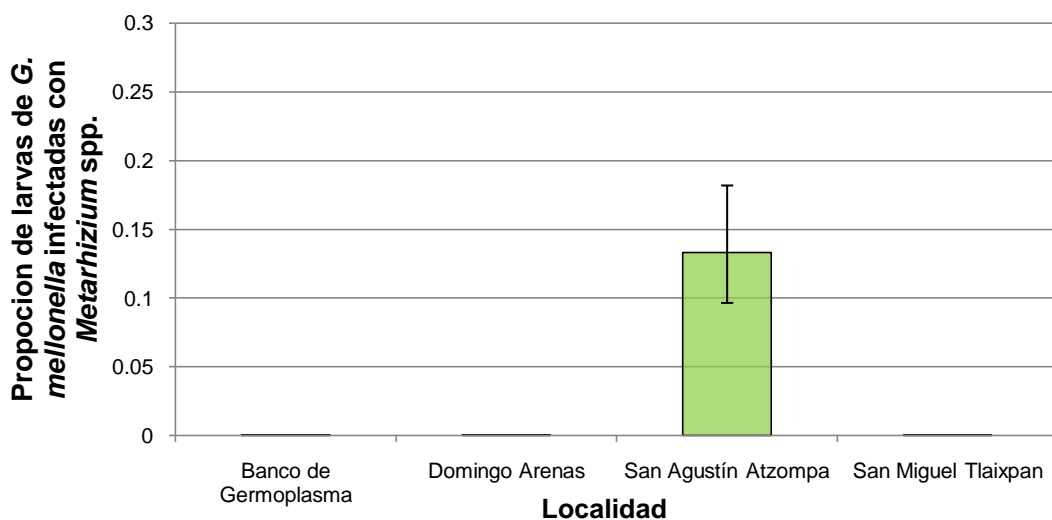


Figura 10. Proporción de aislamientos de *M. anisopliae* obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.

Por último, *P. fumosoroseus* ($F_{3,176} = 21.09$, $P = < 0.001$) se encontró únicamente en la comunidad de San Miguel Tlaixpan (Figura 11).

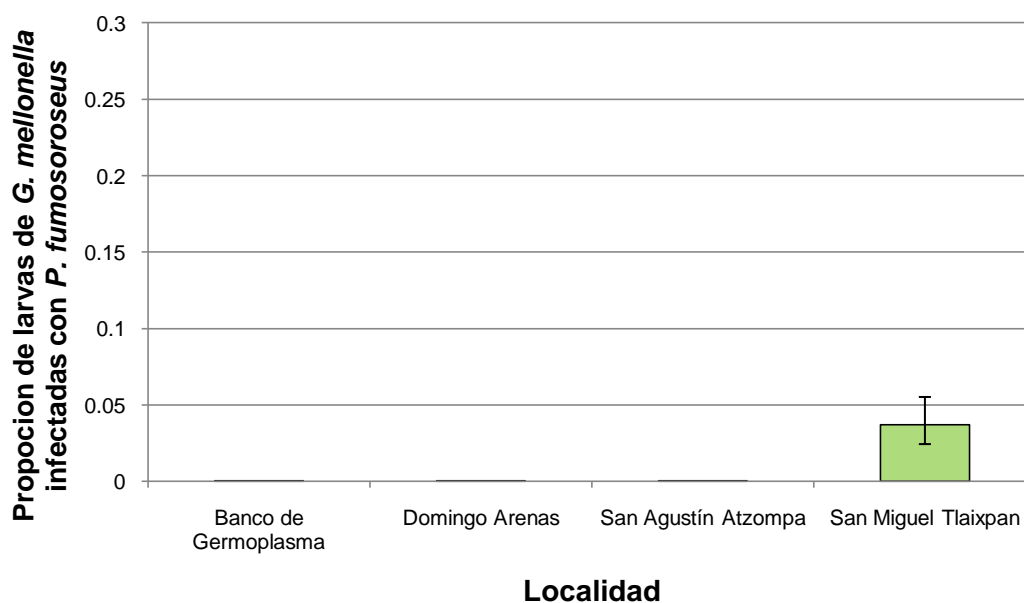


Figura 11. Proporción de aislamientos de *P. fumosoroseus* obtenidos en cada una de las localidades evaluadas. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% de confiabilidad, obtenidas por transformación a partir de la escala logística.

En cuanto a la obtención de los aislamientos en medio de cultivo se observaron dos escenarios interesantes; por un lado el crecimiento prolongado de micelio en algunos aislamientos de *M. anisopliae* (MetSAA 3-2, MetSAA 3-3, MetSAA 4-2 y MetSAA 5-3) en los cuales la formación de conidios se presentó hasta 35 d posterior a su inoculación en medio de cultivo ADS y una producción menor de conidios con respecto a los aislamientos de *B. bassiana*. Estos últimos tuvieron un crecimiento y producción de conidios más rápido con respecto a todos los de *M. anisopliae*; en los aislamientos BbBGC 4-1, BbBGC 4-2, BbBGC 5-1 BbBGC 11-1 BbBGC 14-2, BbSAA 1-1, BbSMT 9-2 se observó la presencia de conidios de 5 a 6 días posteriores a la siembra en medio de cultivo ADS.

Los hongos *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Paecilomyces* spp. son las especies más comúnmente encontrados en suelos ya sean naturales o cultivados (Keller & Zimmerman 1989, Bidochka et al. 1998, Klingen et al. 2002, Meyling & Eilenberg

2006). En esta investigación se observó una distribución particular en los diferentes sitios de colecta, esto pudo deberse al efecto de diversos factores de cómo manejo agrícola, tipo de suelo y condiciones ambientales específicas entre otros (Rath et al. 1992, Vänninen 1996, Chandler et al. 1997, Bidochka et al. 1998, Bruck 2004, Meyling & Eilenberg 2006, Scheepmaker & Butt 2010).

Beauveria bassiana fue predominante en todos los sitios de colecta, lo cual puede deberse a que se ha reportado que esta especie es más tolerante a un amplio rango de condiciones climáticas (Klingen & Haukeland, 2006). Esto concuerda con los reportados por otros autores, quienes mencionan que *B. bassiana* es más abundante que *M. anisopliae*, y esta última es más frecuente en suelos agrícolas que en suelos de hábitat natural (Vänninen 1996, Bidochka et al. 1998, Meyling & Eilenberg 2006, Quesada-Moraga et al. 2007, Bing-Da & Xing-Zhong 2008), aunque Keller et al. (2003) y Rodrigues et al. (2005) reportaron mayores densidades de *M. anisopliae* en hábitats de pradera que en suelos de cultivo. Por otra parte Meyling & Eilenberg (2006) encontraron con mayor frecuencia a *P. fumosoroseus* en suelos asociados a bordes de camino, en nuestro estudio *P. fumosoroseus* solo se presentó en SMT, donde probablemente la poca actividad agrícola en el suelo haya favorecido la persistencia de esta especie.

El tipo de cultivo también puede influir en la abundancia y distribución de hongos entomopatógenos, debido a los metabolitos secundarios que éstos producen en la raíces (Bais et al. 2006, Sookar et al. 2008, St. Leger 2008) por lo que en los sitios colectados es muy probable que esto haya influido, pues en SAA, DA y SMT la diversidad de cultivos se encuentra presente con elementos vegetales como manzano, peral, maíz, flores de corte, ciruelo, durazno, frijol y flores secundarias (cempasúchil, alelía, nube, etc) por lo que la relación entre diversidad vegetal y ocurrencia de hongos podría ser más compleja. Esta diversidad puede incrementar la actividad de microorganismos en el suelo a lo largo del tiempo (Mäder et al. 2002) pues los recursos específicos incrementarán su abundancia y eficacia (Altieri & Letourneau 1982).

A pesar de lo anterior, en SAA sólo se encontró un aislamiento de *B. bassiana* y no se encontró *P. fumosoroseus*, esto puede deberse a que dichas especies

están mejor adaptados a suelos con menor actividad agrícola incluyendo la aplicación de plaguicidas químicos (Vänninen & Hokkanen 1988, Bing & Lewis 1993, Mietkiewski et al. 1997, Keller et al. 2003, Mochi & Barbosa 2005, Rodrigues et al. 2005, Mochi et al. 2006), lo cual no sucede en esta localidad al ser la zona más productiva de tejojote en México. Anderson & Lewis (1993) reportaron mayor cantidad de inóculo de *B. bassiana* en diferentes sistemas de labranza de cultivos, pero en varios años de muestreo no se observó una tendencia clara, por lo que sugiere esta variable es determinada por condiciones ambientales más que por el sistema de labranza. La condición de mayor impacto agrícola en del suelo en SAA tal vez pueda explicar la mayor abundancia de *M. anisopliae* en este sitio, pues existe una relación con el grado de perturbación del agroecosistema, Bidochka et al. (1998). Por otra parte, Vänninen (1996) sugiere que los conidios de *M. anisopliae* pueden ser capaces de persistir largos periodos en el suelo, lo que también puede contribuir en la diferencia de abundancia de las especies encontradas.

Sin embargo, además de las condiciones ambientales a las que el hongo está expuesto, están las propiedades físico-químicas del suelo donde los hongos se encuentran (Lingg & Donaldson 1981, Keller & Zimmerman 1989, Vänninen 1996; Klingen & Haukeland 2006, Quesada-Moraga et al. 2007, Meyling & Eilenberg 2007) y aunque esta condición es muy particular a cada sitio nos aporta elementos para entender la ocurrencia y distribución de los hongos encontrados en cada sitio.

A partir del análisis de suelo realizado (Cuadro 7), se sugiere que la textura tuvo un efecto importante en el caso de desarrollo de *M. anisopliae*, ya que mientras que en SAA el porcentaje de arcilla es del 20% (migajón-arenoso), en el resto de las localidades se encuentra entre 26 y 32% (migajón-arcillo-arenoso), esto va en concordancia con lo encontrado por Quesada-Moraga et al. (2007) quienes refieren que *B. bassiana* predomina sobre *M. anisopliae* en suelos con mayor contenido de arcilla. La arcilla es la que determina la capacidad de un suelo a retener o liberar los iones positivos, por lo tanto la textura es un factor que se relaciona directamente con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Inglis et al. 2001) y éste a su vez con el pH del suelo, mientras más ácidos sean los

suelos, el intercambio de cationes será más bajo (Montenegro 1991), en general, *M. anisopliae* se puede desarrollar mejor en suelos ligeramente ácidos.

En BGC y SMT se observan los porcentajes más altos de materia orgánica (3.74 y 3.35%), mientras que SAA y DA fueron más bajos (1.42% en ambos), lo que supondría que en estos últimos la abundancia de *B. bassiana* debería ser mayor según lo mencionado por Quesada-Moraga et al. (2007), pues el contenido de materia orgánica afectan negativamente la persistencia de *B. bassiana* (Lingg & Donaldson 1981, Keller & Zimmerman 1989). Por lo anterior se puede sugerir que en nuestro estudio, la materia orgánica no es un factor determinante en la presencia de estos hongos.

Las propiedades inherentes al suelo y el grado de actividad agrícola parecen estar más ligados a la abundancia y distribución de los hongos recuperados en este estudio; no obstante, es necesario profundizar en las relaciones biológicas y del suelo en sistemas complejos como huertos en asociación de cultivos presentes en esta investigación, lo cual servirá para mejorar el arreglo de elementos del sistema y con ello mejorar las condiciones que favorezcan la conservación de estos y otros organismos benéficos.

Cuadro 7. Características físico-químicas de suelos colectados para aislamiento de hongos entomopatógenos.

PARÁMETRO	LOCALIDAD			
	SAA	DA	BGC	SMT
pH en agua (Relación 1:2)	5.8	5.7	5.8	6.4
Conduc. Eléctrica dS m ⁻¹	1.5	1	2.1	1.3
D. aparente g cm ⁻³	1.5	1.5	1.5	1.3
D. real g cm ⁻³	2.6	2.7	2.5	2.5
M. orgánica %	1.4	1.4	3.7	3.4
N total %	0.07	0.08	0.19	0.17
Fósforo mg Kg ⁻¹	23.4	53.2	55.3	31.9
Potasio cmol Kg ⁻¹	0.85	0.73	1.51	1.39
CIC meq/100 g	16.6	14.8	29.2	28.4
Textura arena %	52	57	48	45
Textura limo%	27	17	26	23
Textura arcilla%	20	26	26	32
Clase textural	Migajón-arenoso	Migajón-arcillo-arenoso	Migajón-arcillo-arenoso	Migajón-arcillo-arenoso

3.3.2. Susceptibilidad de estados inmaduros de *Rhagoletis pomonella* a aislamientos de hongos entomopatógenos.

De acuerdo con el análisis estadístico, se encontraron diferencias significativas entre los testigos y la mortalidad total. Cabe mencionar que ninguno de los individuos muertos en el testigo esporuló, lo que confirma que no hubo contaminación de los demás tratamientos. No hubo diferencias significativas entre las repeticiones del experimento realizadas en las tres ocasiones, lo que confirma que la metodología empleada es consistente y por lo tanto los resultados confiables.

Los resultados muestran que las larvas de *R. pomonella* fueron susceptibles a los nueve aislamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, mostrando proporciones similares de mortalidad.

El análisis de los datos muestra una diferencia significativa entre los tratamientos testigo y los tratamientos con *B. bassiana* y *M. anisopliae* ($X^2= 25.79$, $P < 0.001$) y ($X^2= 57.84$, $P < 0.001$) respectivamente. La mortalidad producida por *B. bassiana* fue similar en los tratamientos ($X^2= 0.39$, $P= 0.853$) al igual que la producida por *M. anisopliae* ($X^2= 0.24$, $P= 0.788$). A pesar de no poder establecer una comparación directa entre la mortalidad por estas dos especies, se observa que la proporción de individuos muertos fue muy similar en ambas (Figuras 12 y 13).

Aunque algunas larvas murieron sin llegar a pupación, el 75% de las larvas infectadas formaron pupario en el caso de *B. bassiana*, mientras que 70.5% de las larvas infectadas por *M. anisopliae* formaron pupario.

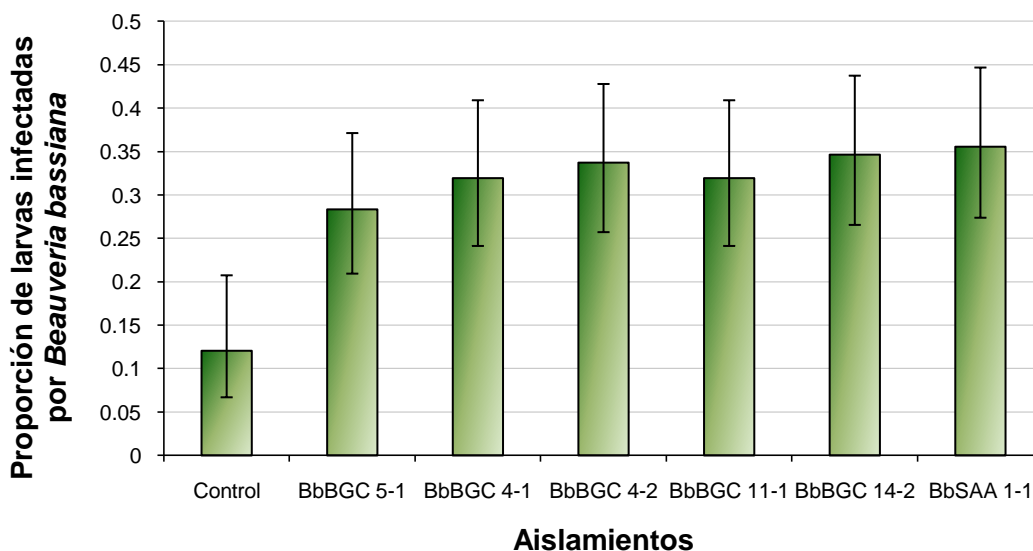


Figura 12. Proporción de infección de larvas de *R. pomonella* por aislamientos de *B. bassiana*. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% obtenida a partir de la escala logística.

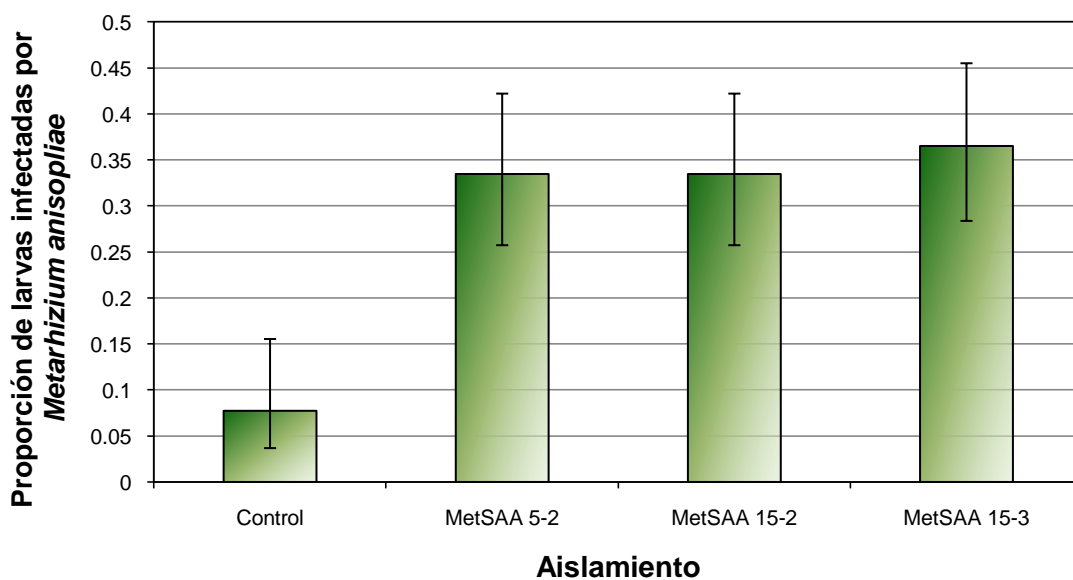


Figura 13. Proporción de infección de larvas de *R. pomonella* por aislamientos de *M. anisopliae*. Las barras de error representan intervalos de confianza al 95% obtenida a partir de la escala logística.

3.3.3. Susceptibilidad de puparios de *Rhagoletis pomonella* a aislamientos de hongos entomopatógenos.

En general la proporción de mortalidad de larvas de tefrítidos por hongos fue relativamente baja respecto a la obtenida en adultos de varias especies. En el experimento de inoculación a puparios de *R. pomonella* la proporción de mortalidad fue de cero, por lo que los datos no fueron analizados estadísticamente. Los hongos utilizados en este estado biológico no tuvieron efecto en la emergencia de adultos; sin embargo, si hubo infección de algunas moscas al momento de emerger del pupario, los datos no fueron suficientes para realizar un análisis estadístico debido a las condiciones de las emergencias por lo que únicamente se describió los resultados.

Hasta donde se sabe, no existen antecedentes de investigaciones realizadas acerca de la interacción hongos entomopatógenos y *R. pomonella*. Los datos obtenidos de mortalidad en larvas de *R. pomonella* infectadas con hongos fue mayor a la de algunos reportes en otros tefrítidos. De la Rosa et al. (2002) realizó pruebas de patogenicidad con *B. bassiana* en larvas de *Anastrepha ludens* y obtuvo una mortalidad máxima de 8% mientras que la mortalidad en puparios fue de 0%. Por otra parte, Toledo et al. (2006) no encontraron efecto de patogenicidad de aislamientos silvestres de *M. anisopliae*, *B. bassiana* y dos productos comerciales de este hongo cuando fueron aplicados a larvas y puparios de *A. ludens*. Yee & Lacey (2005) no observaron infección de larvas maduras de *Rhagoletis indifferens* expuestas a suelo inoculado con *M. anisopliae*.

En contraste, Quesada et al. (2006) realizó pruebas en puparios de *C. capitata*, con 10 aislamientos de *B. bassiana* de las cuales dos mostraron las mortalidades más altas (65-94.5%). Además utilizaron cinco aislamientos de *M. anisopliae* con 20 y 45% de mortalidad y el resto con 0%. Estos mismos autores evaluaron mortalidad de puparios tratados en tercer instar larval en suelo estéril conteniendo las suspensiones de conidios y bajo diferentes niveles de humedad en suelo, las mortalidades obtenidas variaron de 0% hasta 70%. La alta susceptibilidad de larvas de tercer instar de *Ceratitis* sp. hacia *M. anisopliae* y *B. bassiana* también ha sido reportada por Ekesi et al. (2003, 2005).

El estrés pudo tener algún efecto en patogenicidad en larvas, ya que el material biológico utilizado provino de frutos de campo debido a que en la actualidad no se cuenta con una cría del insecto (Davison & Chandler 2005). Asimismo, la producción de toxinas específicas es otro factor que pudo afectar la virulencia, pues las larvas de *R. pomonella* podrían ser menos susceptibles a toxinas de *M. anisopliae* dado que el efecto de éstas es diferente para cada especie de hospedante (Boudjelida & Soltani 2011).

Daniel & Wyss (2009) determinaron la mortalidad en puparios de *R. cerasi* con *B. bassiana* y *M. anisopliae* la cual fue de 4.2% y 4.2-8.3% respectivamente. La inoculación de pupas no tuvo efecto en la emergencia de adultos, lo cual concuerda con lo obtenido en esta investigación, además no observamos ningún efecto de hongos en puparios. Para tratar de obtener una posible explicación de la falta de infección en puparios, y considerando que la primera etapa en el establecimiento de la infección es la adherencia de conidios (Boucias 1988, St. Leger 1991), se analizaron las fotografías de barrido electrónico de puparios inoculados y se observó que tanto los conidios de *B. bassiana* como de *M. anisopliae* se adhirieron a la cutícula del pupario aunque no se cuantificó el número de éstas (Figura 14-16). Algunos conidios de *M. anisopliae* germinaron pero sin observar una penetración en la cutícula. También es posible observar que la mayoría de los conidios se quedaron atrapados en la zona de espinas de la cutícula del pupario (estructuras de ornamentación). Hajek y St. Leger (1994), mencionan que una causa muy importante en la baja virulencia de estos hongos en contra de muchas especies de insectos se debe a la naturaleza de la cutícula, en términos de su densidad y el grosor y el grado de esclerotización. Hafez et al. (1994) señalan que los niveles de infección son el resultado del contacto entre el inóculo de un aislamiento virulento y la susceptibilidad de la cutícula del insecto a la germinación, penetración del tubo germinativo y finalmente el desarrollo del patógeno en el cuerpo del insecto.

En cuanto a los puparios muertos no se obtuvo sintomatología típica de micosis externa; por tratarse de pupas diapáusicas se decidió disectar los puparios pero no se encontró evidencia de infección. En la última fecha de experimentación, se observaron las primeras emergencias de moscas y posterior a su salida se

observaron indicios de micosis en las patas posteriores posiblemente provocadas por el contacto con los conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae* al salir del pupario (Figura 17). Es necesaria la posterior evaluación de transmisión horizontal en este insecto pues estas observaciones sugieren que los conidios pueden mantenerse viables en la cutícula del pupario e infectar al insecto durante su emergencia.

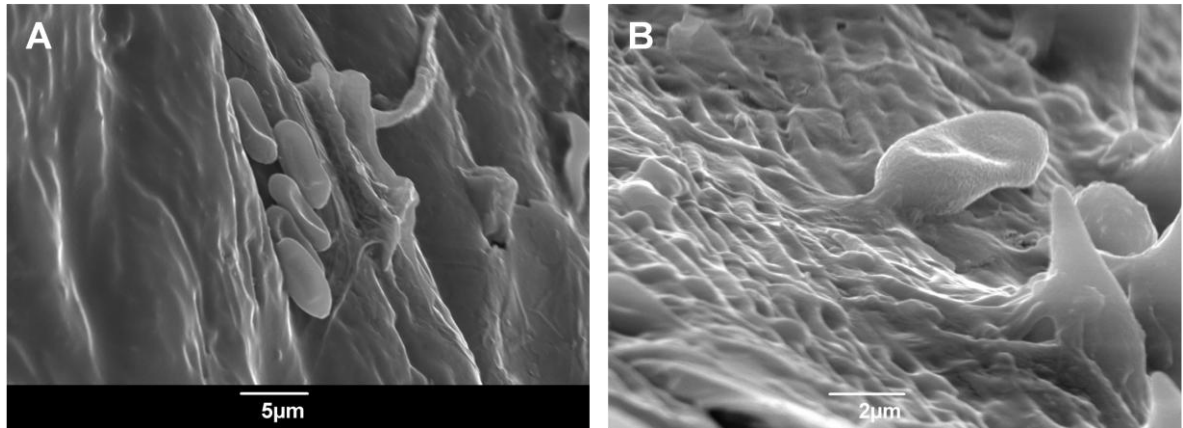


Figura 14. A) Conidias de *Metarhizium anisopliae* adherida sobre la cutícula del pupario de *Rhagoletis pomonella*. B) Conidia germinada e iniciando proceso de degradación de cutícula del pupario.

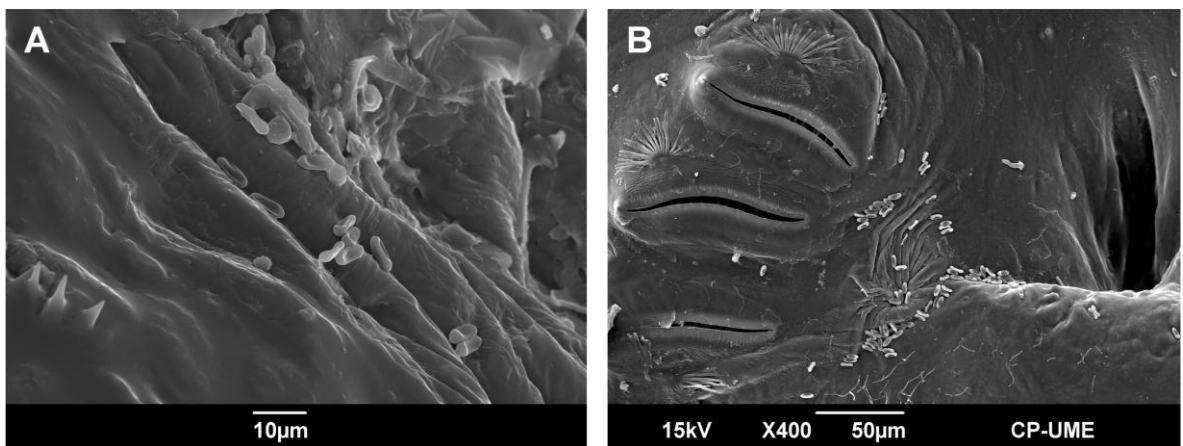


Figura 15. A) Conidias de *M. anisopliae* atrapadas en pliegues de la cutícula del pupario de *R. pomonella*. B) Conidias en la zona de espiráculos.

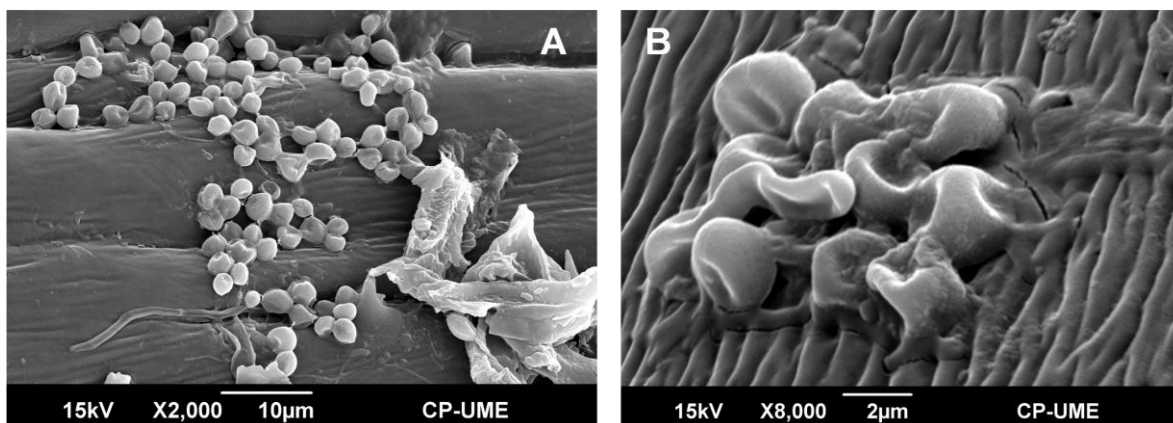


Figura 16. A) Conidias de *Beauveria bassiana* en la superficie del pupario de *R. pomonella*. B) Conidias de *B. bassiana* mostrando el inicio de la germinación y degradación de la cutícula.

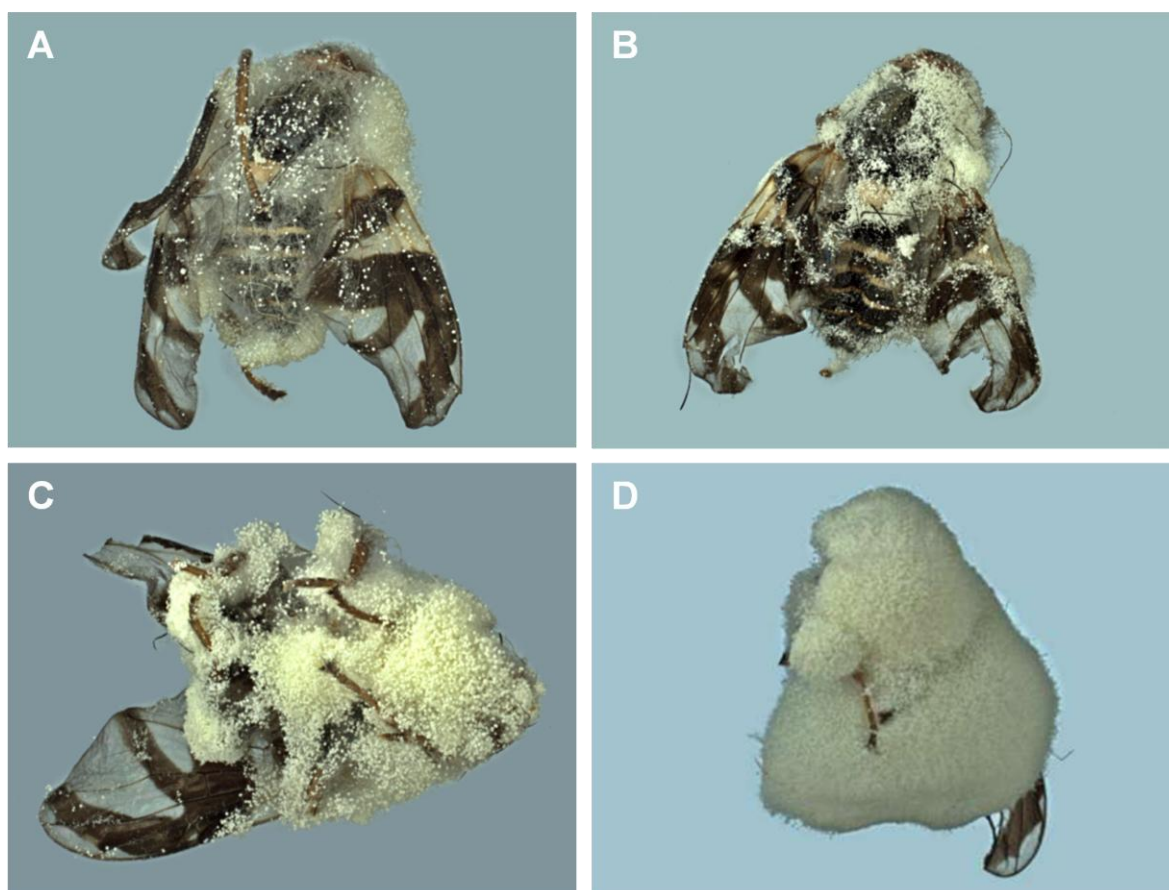


Figura 17. Adultos de *R. pomonella* infectados por *B. bassiana* por contacto con las conidias al emerger del pupario.

Pruebas en otros dípteros ciclorrafos revelan una baja mortalidad en estados inmaduros, Davison & Chandler (2005) evaluaron 27 aislamientos de ocho diferentes especies de hongos y sólo tres mostraron mortalidad mayor al 50% en

larvas de *Delia antiqua* (Muscidae: Anthomyiidae). Kaya (1989) mencionó que la aplicación de esporas en seco de *M. anisopliae* y *B. bassiana* no produjeron mortalidad en larvas y pupas de moscas Tsé-Tsé.

Los reportes de patogenicidad por hongos contra diferentes estados biológicos de tefrítidos, muestran una tendencia hacia mayor susceptibilidad de adultos, en menor grado en larvas y de muy bajo a nulo en puparios (García et al. 1984, Espin et al. 1989, Hajek & St. Leger 1994, Castillo et al. 2000, De la Rosa et al. 2002, Ekesi et al. 2002, Ekesi et al. 2003, Ekesi et al. 2005, Yee & Lacey 2005, Quesada et al. 2007, Daniel & Wyss 2009, Boudjelida & Soltani 2011), nuestros resultados concuerdan con estas afirmaciones.

En el proceso de muda se llevan a cabo reacciones bioquímicas que provocan cambios en las propiedades de la cutícula como quitinización, esclerotización, deshidratación, balance de agua entre otros (Andersen 1979), por lo anterior, se sugiere que un proceso de cambio químico y/o mecánico en la cutícula de la larva de tercer instar de *R. pomonella* se lleve a cabo, debido a que deja de estar protegida dentro del fruto y se expone por primera vez a un complejo de microorganismos presentes en el suelo donde ocurre la formación de pupa diapáusica, estado en el que tiene la máxima protección contra agentes externos.

En posteriores evaluaciones se debe tomar en cuenta otros factores de la condición del huésped como estrés, nutrición, exposición a sustancias químicas, grado de esclerotización de la cutícula, lesiones o daño mecánico, efectos en depredadores y parasitoides (Goettel et al. 1989, Phillip et al., 1991, Sikorowski & Lawrence 1994, Inglis et al. 2001, Davison & Chandler 2005). Así mismo, es importante determinar otros efectos por la infección de hongos como porcentaje de emergencia de adultos, apareamiento, oviposición, alimentación, etc., así como la ejecución de pruebas de campo y el diseño de dispositivos y de inoculación de hongos (Dimbi et al. 2003, Toledo et al. 2006, Dimbi et al. 2009)

Los porcentajes de mortalidad causada por *B. bassiana* y *M. anisopliae* en larvas de *R. pomonella* permiten sugerir a estos organismos como candidatos potenciales para el manejo de este insecto; sin embargo, aún hay aspectos

relevantes que investigar como la evaluación de diferentes concentraciones de conidios, efectos sub-letales en diferentes estados biológicos, efecto de los hongos en sus parasitoides, realización de experimentos de transmisión horizontal en moscas, entre otros. Dado que todos los aislamientos utilizados en este bioensayo fueron patogénicos, se recomienda su evaluación en campo, tanto en larvas como en pupas.

3.4. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A., & D. K. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroeco- systems. *Crop Prot.* 1: 405-430.
- Andersen, S. O. (1979). Biochemistry of insect cuticle. *Annu. Rev. Entomol.* 24:29-61.
- Bais H. P., L. Tiffany, L. Weir, G. Perry, S. Gilroy & J. M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms *Ann. Rev. of Plant Biol.* 57:233-266.
- bassiana* (Deuteromycetes) strains against the coffee borer (Coleoptera:
- Bidochka M.J, J.E Kasperski, G.A.M. Wild. 1998. Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in soils from temperate and near-northern habitats. *Can. J. Botany* 76: 1198–1204.
- Bing, L.A., L. C. Lewis. 1993. Occurrence of the entomopathogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in different tillage regimes and in *Zea mays* and virulence towards *Ostrinia nubilalis* (Hubner). *Agricult. Ecosyst. Environ.* 45: 147–156.
- Bing-Da, S. & L. Xing-Zhong. 2008. Occurrence and diversity of insect-associated fungi in natural soils in China. *Appl. soil Ecol.* 39: 100–108.
- Boucias, D.G., J. C. Pendland & J.P. Latge. 1988. Nonspecific factors involved in attachment of entomopathogenic Deuteromycetes to host insect cuticle. *App. Environ. Microbiol.* 54(7):1795-1805.
- Boudjelida, H. & N. Soltani. 2011. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch) on *Ceratitis capitata* L. (Diptera: Tephritidae). *Scholars Research Library Ann. of Biol. Res.* 2(2): 104-110.

- Bruck, DJ, 2004. Natural occurrence of entomopathogens in Pacific Northwest nursery soils and their virulence to the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). *Environ. Entomol.* 33:1335–1343.
- Castillo, M. A., P. Moya, E. Hernández & E. Primo-Yúfera. 2000. Susceptibility of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) to entomopathogenic fungi and their extracts. *Biol. Control* 19:274-282.
- Chandler, D. D. Hay & A. P. Reid. 1997. Sampling and occurrence of entomopathogenic fungi and nematodes in UK soils. *Appl. Soil Ecol.* 5: 133–141.
- Daniel, C. & E. Wyss. 2009. Susceptibility of different life stages of the European cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, to entomopathogenic fungi. *J. Appl. Entomol.* 133(6):473–483.
- Davidson, G., & D. Chandler. 2005. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi against larvae and adults of onion maggot (Diptera: Antomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 98: 1848-1855.
- De la Rosa, W., F.L. López & P. Liedo. 2002. *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera:Tephritidae) under laboratory conditions. *J. Econ. Entomol.* 95:36-43.
- De la Rosa, W., R. Alatorre, J. Trujillo & J.F. Barrera. 1997. Virulence of *Beauveria*
- Dembilio O., E. Quesada-Moraga, C. Santiago-Álvarez & J. A. Jacas. 2010. Potential of an indigenous strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *J Invertebr Pathol.* 104(3):214-221.
- Dimbi, S., N.K. Maniania, S.A. Lux, S. Ekesi & J.K. Mueke. 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitis capitata* (Weidemann), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). -- *Mycopathologia* 156:375-382.
- Dolci, P., F. Guglielmo, F. Secchi & O.I. Ozino. 2006. Persistence and efficacy of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against *Melolontha melolontha* in the Valley of Aosta (northwest Italy) *J. App. Microbiol.* 100 (5):1063-1072.
- Ekesi, S., Maniania, N.K., Mohamed, S.A., Lux, S.A., 2005. Effect of soil application of different formulations of *Metarhizium anisopliae* on African

- tephritid fruit flies and their associated endoparasitoids. *Biol. Control* 35:83–91.
- Ekési, S., N. K. Maniania, & S. A. Lux. 2003. Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity of *Metarhizium anisopliae* to four tephritid fruit fly puparia. *J. Invertebr. Pathol.* 83: 157-167.
- Ekési, S., N.K. Maniania, S.A Lux. 2002. Mortality in three African tephritid fruit fly puparia and adults caused by the entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Biocontr. Sci. Technol.* 12:7–17.
- Espin, G.A.T., H. M. Laghi de Suza, C. L. Messias, & A. E. Piedrabuena. 1989. Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* nas diferentes fases de desenvolvimento de *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bra. Entomol.* 33:17-23.
- Feder, J.L. 1995. The effects of parasitoids on sympatric host races of *Rhagoletis pomonella*. *Ecology*, 76: 801-813.
- Garcia, A.S., H.M.L. Souza, C.L. Messias & A.E. Piedrabuena. 1989. Patogenicidade de *Metarhizium anisopliae* nas diferentes fases de desenvolvimento de *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera, Tephritidae). *Rev. Bras. Entomol.* 33:17-23.
- Goettel, M. S., J. R. St Leger, N. W. Rizzo, R. C. Staples & D. W. Roberts. 1989. Ultrastructural localization of a cuticle-degrading protease produced by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* during penetration of host (*Manduca sexta*) Cuticle. *J. Gen. Microbiol.* 135:2233-2239.
- Hafez, M., F.N. Zaki, A. Moursy, & M. Sabbour. 1994. Biological effects of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on the potato tuber moth *Pthorimaea operculella* (Seller). *J. Islamic Acad. of Sci.* 7 (4).
- Hajek, A. E., & R. J. St. Leger. 1994. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annu. Rev. Entomol.* 39: 293-322.
- Inglis, G. D., M.S Goettel, T. Butt & H. Strasser. 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insects pest. In: Butt TM, Jackson CW, Magan N (eds), *Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential*. CABI publishing, Wallingford, UK, pp. 23–70.
- Kaaya, G.P. 1989. *Glossina morsitans morsitans*: Mortalities caused in adults by experimental infection with entomopathogenic fungi. *Acta tropica*, 46: 107-114.

- Keller, S. & Zimmerman, G. 1989. Mycopathogens of soil insects. In: Wilding, N., Collins, N.M., Hammond, P.M., Webber, J.F. (Eds.), *Insect–Fungus Interactions*. Academic Press, London, UK, pp. 240–270.
- Keller, S., 2000. Use of *Beauveria brongniartii* in Switzerland and its acceptance by farmers. *IOBC Bull.* 23: 67–71.
- Keller, S., P. Kessler & C. Schweizer. 2003. Distribution of insect pathogenic soil fungi in Switzerland with special reference to *Beauveria brongniartii* and *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol* 48: 307–319.
- Klingen I, Eilenberg J, Meadow R. 1998. Insect pathogenic fungi from northern Norway baited on *Delia oralis* (Diptera, Anthomyiidae) and *Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae). *IOBC Bulletin*, 21:121-124.
- Klingen, I. & S. Haukeland. 2006. The soil as a reservoir for natural enemies of pest insects and mites with emphasis on fungi and nematodes. In: Eilenberg J, Hokkanen HMT (eds), *An Ecological and Societal Approach to Biological Control*. Springer, The Netherlands, pp. 145–211.
- Klingen, I., J. Eilenberg & R. Meadow. 1998. Insect pathogenic fungi from northern Norway baited on *Delia floralis* (Diptera, Anthomyiidae) and *Galleria mellonella* (Lepidoptera:Pyralidae). *IOBC wprs Bull.* 21, 121–124.
- Klingen, I., J. Eilenberg & R. Meadow. 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 91:191–198.
- Lingg, A.J. & M.D. Donaldson. 1981. Biotic and abiotic factors affecting stability of *Beauveria bassiana* conidia in soil. *J. Invertebr Pathol.* 38, 191–200.
- Mäder, P., A. Fliessbach, D. Dubois, D. Gunst, L. P. Fried & U. Niggli. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694–1697.
- Masera, O., M. Astier, & S. López. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA- Mundi-prensa, México.
- Meyling, N. V. & J. Eilenberg. 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biol Control* 43:145–155
- Meyling, N.V. & Eilenberg, J., 2006. Occurrence and distribution of soil borne entomopathogenic fungi within a single organic agroecosystem. *Agr. Ecosyst. Environ.* 113:336–341.

- Mietkiewski, R.T., J.K. Pell & S.J. Clark, 1997. Influence of pesticide use on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in arable soils in the UK: Field and laboratory comparisons. *Biocontrol Sci Tech* 7: 565–575.
- Mochi D.A., A.C Monteiro & J.C. Barbosa. 2005. Actions of pesticides to *Metarhizium anisopliae* in soil. *Neotrop Entomol* 34:961–971
- Mochi, D. A., A. C. Monteiro, S. A. De Bortolill, H. O.S. Dórial & J. C. Barbosalll 2006. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in soil with different pesticides *Neotrop. Entomol.* 35(3): 382-389.
- Monteith, L.G. 1977. Additional records and the role of parasitoids of the apple maggot *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.* 108: 3-6.
- Montenegro G., H. 1991. Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo (Textura, Estructura, Densidad, Aireación, etc.) En: Seminario-Taller Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.E. Colombia.
- Muñiz-Reyes, E., J. R. Lomelí-Flores & J. Sánchez-Escudero. (en imprenta). Parasitoides nativos de *Rhagoletis pomonella* Walsh (Diptera: Tephritidae) en tejocote *Crataegus* spp. en el centro de México. *Acta Zoo. Mex. (nueva serie)*. 27(2) Fecha de publicación: Agosto 2011. Aceptado Febrero 2011.
- Payne, R.W., S.A. Harding, D.A. Murray, D.M Soutar, D.B Baird, S.J. Welham, A.F Kane, A.R Gilmour, R. Thompson, R. Webster & W. G Tunnicliffe. 2005. The Guide to Genstat Release 9: Statistics Part 2. VSN International, Oxford.
- Phillip, K.P., C. C. Chao, T. Molitor, M. Murtaugh, F. Strgar, & B. M. Sharp. 1991. Stress and pathogenesis of infectious disease. *Reviews of Infectious Diseases* 13: 710-720.
- Quesada-Moraga, E., Navas-Cortés, J.A., Maranhao, E.A.A., Ortiz-Urquiza, A., Santiago-Alvarez, C., 2007. Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils. *Mycol. Res.* 111: 947–966.
- Quesada-Moraga, E., Ruiz-García & A., Santiago-Álvarez, C., 2006. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium*

- anisopliae* against puparia and adults of *C. capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 99, 1955–1966.
- Rath AC, T.B. Koen & H.Y. Yip. 1992. The influence of abiotic factors on the distribution and abundance of *Metarhizium anisopliae* in Tasmanian pasture soils. *Mycol. Res.* 96: 378–384.
- Rath, A.C., D. Worledge, T.B Koen & B.A. Rowe. 1995. Long term field efficacy of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* against the subterranean scarab, *Adoryphurus couloni*. *Biocontrol Sci. Tech.* 5: 439–451.
- Rodrigues, S., R. Peveling, P. Nagel & S. Keller. 2005. The natural distribution of the entomopathogenic soil fungus *Metarhizium anisopliae* in different regions and habitat types in Switzerland. *Bulletin* 28(2): 185-188.
- Rull, J., R. Wharton, J.L. Feder, L. Guillén, J. Sivinski, A. Forbes & M. Aluja. 2009. Latitudinal Variation in parasitoid guild composition and parasitism rates of North American hawthorn infesting *Rhagoletis*. *Environ. Entomol.*, 38: 588-599.
- Samson R.A, HC Evans, JP Latg. 1988. Atlas of entomopathogenic fungi. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Scheepmaker, J.W.A. & Butt, T.M. 2010. Natural and released inoculum levels of entomopathogenic fungal biocontrol agents in soil in relation to risk assessment and in accordance with EU regulations. *Biocontrol Sci Tech* 20: 503-552.
- Scolytidae). *J. Econ. Entomol.* 90:1534–1538.
- Sookar, P., S.Bhagwant, & E. Awuor. 2008. Isolation of Entomopathogenic Fungi from the Soil and Their Pathogenicity to Two Fruit Fly Species (Diptera: Tephritidae). *J. Appl. Entomol.* 132:778-788.
- St. Leger RJ. 1991. Integument as a barrier to microbial infections. In *The Physiology of Insect Epidermis*, ed. A Retnakaran, K Binnington, pp. 286-308. Australia: CSIRO
- St. Leger, R. J. 2008. Studies on adaptations of *Metarhizium anisopliae* to life in the soil. *J. Invertebr. Pathol.* 98: 271-276.
- Tanada, Y., & H. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press. San Diego, California. USA. 666 p.
- Toledo, J., P. Liedo, S. Flores, S. E. Campos, A. Villasenor & P. Montoya. 2006. Use of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* for fruit fly control: a

- novel approach Fruit Flies of Economic Importance: From Basic to Applied Knowledge Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance 10-15 September 2006, Salvador, Brazil pp. 127-132
- Vänninen I, 1996. Distribution and occurrence of four entomopathogenic fungi in Finland: effect of geographical location, habitat type and soil type. *Mycol. Res.* 100: 93–101.
- Vänninen, I. & Hokkanen, H., 1988. Effect of pesticides on four species of entomopathogenic fungi in vitro. *Ann. Agric. Fenn.* 27, 345–353.
- Villani, M.G., S.R. Krueger, P.C. Schroeder, F. Consolie, N.H. Consolie, L.M. Preston-Wilsey & D. W. Roberts. 1994. Soil application effects of *Metarhizium anisopliae* on Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) behavior and survival in turfgrass microcosms. *Environ. Entomol.* 23, 502–513.
- Wraight, S.P. & D.W. Roberts. 1987. Insect control efforts with fungi. In 'Developments in Industrial Microbiology' (G. Pierce, Ed.), 28:77–87, *J. Industr. Microbiol., Suppl.* No. 2.
- Yee, W.L & Lacey L.A. 2005. Mortality of different life stages of *Rhagoletis indifferens* (Diptera:Tephritidae) exposed to the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *J. Entomol. Sci.* 40:67–177.

CONCLUSIONES GENERALES

Para lograr incidir de manera efectiva en la inserción de cualquier estrategia de manejo agrícola es necesario analizar el sistema agrícola bajo la perspectiva ecológica, tecnológica y socioeconómica a través de la indagación histórica y partiendo de la unidad familiar como base de todo agroecosistema. De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos concluir que las comunidades en estudio han tenido el potencial para desarrollar el cultivo del tejocote en diferente tiempo. Los productores de San Agustín Atzompa lograron una recuperación y después de un par de años el cultivo se potencializó. La presencia de un líder en la comunidad y la organización social, llevó a una activa participación grupal. En contraste, en San Miguel Tlaixpan el tejocote tuvo gran importancia hace dos décadas, pero diversos factores hicieron que el cultivo en la actualidad esté prácticamente en el abandono, entre los factores que más destacaron los productores fueron la falta de atención hacia el control de *R. pomonella*, una creciente urbanización en la comunidad, falta de organización de productores y apoyos por parte de los investigadores y organismos gubernamentales locales.

Por otra parte, la investigación biológica fue dirigida hacia la exploración de enemigos naturales de *R. pomonella*, ya que los huertos en las diferentes zonas de producción cuentan con un diseño agrícola adecuado para la conservación de estos organismos benéficos nativos. En cuanto a la abundancia de parasitoides nativos se obtuvo un total de 31.7% de emergencia de parasitoides, los cuales se ubicaron en seis especies. El diápriido *Coptera* sp. representó la especie más abundante (25%) y se trata de una especie que no pertenece a las reportadas para *R. pomonella*. El 3.4% correspondió al braconido *Utetes* near *canaliculatus*; *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae) se obtuvo en 2.3%, la cual no se había reportado para esta zona y finalmente, <0.5% fue representado por *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae) el cual es reportado en esta investigación como el primer registro de esta especie y familia emergiendo de puparios de *R. pomonella*.

En esta investigación se realizó la exploración de hongos entomopatógenos provenientes de suelo asociados a tejocote, los cuales también representan un potencial de evaluación y uso en esquema de control biológico para este tefritido.

Se obtuvieron 26 aislamientos de hongos representados por tres especies morfológicamente identificadas: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*. El número obtenido de aislamientos de *B. bassiana* vario significativamente entre localidades y se obtuvieron diferencias significativas en el número de aislamientos de *M. anisopliae*, recuperados entre las localidades muestreadas; mientras que *P. fumosoroseus* ($F_{3,176} = 21.09$, $P = <0.001$) se localizó solamente en San Miguel Tlaixpan. Lo anterior supone una serie de factores que afectan la ocurrencia y abundancia de hongos entomopatógenos en el suelo y por otra parte la patogenicidad que pueda tener en *R. pomonella*.

Finalmente, se seleccionaron nueve aislamientos para evaluar su patogenicidad en larvas y puparios de *R. pomonella* y para el caso de larvas la totalidad de los hongos resultaron patogénicos. En el experimento de inoculación a puparios de *R. pomonella* la proporción de mortalidad fue de cero, por lo que los datos no fueron analizados estadísticamente.

Es necesaria mayor investigación acerca de los enemigos naturales de esta plaga en México. La creación de una dieta natural o artificial en poblaciones mexicanas de la mosca resulta de suma importancia para poder establecer experimentos en laboratorio que den continuidad a lo aportado en esta investigación. Por otra parte, evaluar en campo la patogenicidad de organismos entomopatógenos de suelo que puedan tener un efecto en el estado de pupa. Por último evaluar la transmisión horizontal en moscas adultas, ya es el estado biológico más susceptible de ataque por estos organismos.