

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**ASINCRONÍA HOSPEDERO-PLAGA Y BÚSQUEDA DE  
RESISTENCIA A *Rhagoletis pomonella* EN *Crataegus* spp.;  
FUENTES DE ATRACCIÓN Y PREFERENCIA DE *Conotrachelus  
crataegi* PARA OVIPOSICIÓN EN TEJOCOTE**

MANOLO MUÑIZ MERINO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

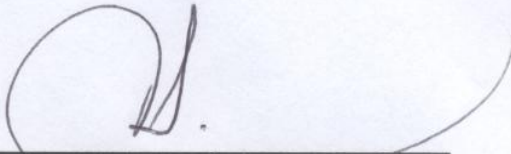
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

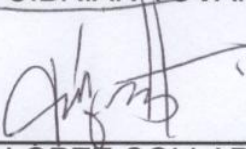
2008

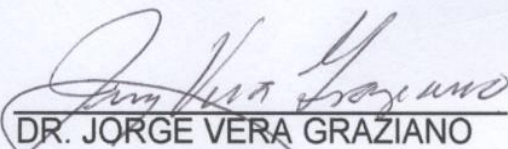
La presente tesis titulada: asincronía hospedero-plaga y búsqueda de resistencia a *Rhagoletis pomonella* en *Crataegus* spp.; fuentes de atracción y preferencia de *Conotrachelus crataegi* para oviposición en tejocote realizada por el alumno Manolo Muñiz Merino, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

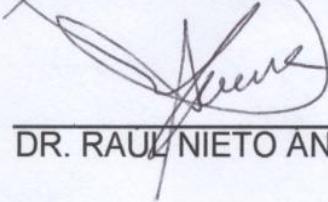
MAESTRO EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. JUAN CIBRIAN TOVAR

ASESOR:   
DR. JOSÉ LOPEZ COLLADO

ASESOR:   
DR. JORGE VERA GRAZIANO

ASESOR:   
DR. RAÚL NIETO ANGEL

Montecillo, Texcoco, Edo., de México, febrero de 2008.



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (No. 202959) otorgada para mis estudios de Maestría.

Al Dr. Juan Cibrián Tovar, por su acertada dirección y gran apoyo para la realización de este trabajo. Así mismo, por su amable disponibilidad de siempre para escuchar y aclarar dudas, dar sugerencias y revisar puntual y detalladamente cada uno de los documentos generados.

Al Dr. José López Collado y al Dr. Jorge Vera Graziano, por su disponibilidad, sugerencias y observaciones relacionadas con la investigación, así como por la puntualidad de sus revisiones a los documentos generados.

Al Dr. Raúl Nieto Ángel, por permitirme acceder al banco de germoplasma de tejocote y por la revisión del documento final.

Al M.C. Raúl Muñoz Vélez, por la determinación de la especie del picudo del tejocote.

Al m.c. Carlos Alberto Muñoz Colín, por la identificación de las especies de tejocote a las que pertenecen los genotipos evaluados.

Al Dr. Jorge Valdéz, por su apoyo para la extracción de la genitalia del picudo del tejocote.

A la Dra. Obdulia Segura, por sus asesorías para extraer y amplificar ADN.

Al Dr. Cristóbal Aldama Aguilera, por su valioso apoyo en el manejo del equipo de cromatografía y por su constante disposición para compartir sus conocimientos o verter opiniones sobre algún punto relacionado con este trabajo.

Al resto de mis compañeros de laboratorio: M.C. Carlos Acatitla, M.C. Juliana Osorio, M.C. Julio Velázquez, Ing. Pascual Sánchez y M.C. Roberto Flores, por su apoyo, observaciones o críticas relativas al trabajo; a Cindy, por su ayuda en trámites burocráticos.

Al Ing. Marcelino Santiago Felipe, por su apoyo en la localización y colecta de insectos.

A mi hermana Lucila Muñoz y a mi sobrina Fabiola Hernández, por su gran ayuda para coleccionar insectos y por su apoyo en la elaboración de materiales.

## **DEDICATORIA**

Con amor:

a mi bello amanecer

A mis padres:

Fausto Muñiz Merino † y Rafaela Concepción Merino Cortés

por su gran herencia: mi educación y mis genes

A mis once hermanas y hermanos,

Sobre todo a Lucy, Claudia, Rosy y Licha,

por su valioso apoyo en los momentos difíciles

A toda la bola de sobrinas y sobrinos... y

perdónenme por no anotar sus nombres, pero eso implicaría

tener que anexar otro volumen a esta tesis

A mis compañeros: Carlos, Cristóbal, Juliana, Cindy, Pascual y Julio

por mantener un ambiente muy cordial en el laboratorio

A las personas que me brindan o han brindado en algún momento su amistad,  
especialmente a: Melissa, mi prima érica, Ruth, Imelda, Andrea, Nuvia Y MARY

A doña Elena y familia, por su amable hospitalidad

## CONTENIDO

	PÁG
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN GENERAL	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2

1.3. HIPÓTESIS	3
1.4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.4.1. Generalidades sobre tejocote	4
1.4.2. Mosca de la fruta	5
1.4.2.1. Ubicación taxonómica y razas de <i>Rhagoletis pomonella</i>	5
1.4.2.2. Distribución y hospederos de <i>Rhagoletis pomonella</i>	5
1.4.2.3. Biología de <i>Rhagoletis pomonella</i>	7
1.4.2.4. Estudios de resistencia a <i>Rhagoletis pomonella</i>	9
1.4.2.5. Factores involucrados en la atracción de <i>Rhagoletis pomonella</i>	10
1.4.3. Picudo del tejocote	11
1.4.3.1. Curculiónidos parásitos de tejocote	11
1.4.3.2. Morfología y biología de <i>Conotrachelus crataegi</i>	13
1.4.3.3. Semioquímicos en curculiónidos	14
1.4.3.4. Preferencia de curculiónidos para oviposición	15
1.5. LITERATURA CITADA	17
CAPÍTULO 2. ASINCRONÍA HOSPEDERO-PLAGA Y BÚSQUEDA DE RESISTENCIA A <i>Rhagoletis pomonella</i> EN GENOTIPOS DE TEJOCOTE ( <i>Crataegus</i> spp.), EN CHAPINGO, MÉXICO	23
RESUMEN	23
ABSTRACT	23
2.1. INTRODUCCIÓN	24
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	25
	PÁG
2.2.1. Material vegetal	25
2.2.2. Asincronía hospedero-plaga	27
2.2.3. Evaluación de los niveles de infestación	28
2.2.4. Influencia de compuestos volátiles del fruto	29
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
2.3.1. Asincronía hospedero-plaga	31
2.3.2. Evaluación de los niveles de infestación	33
2.3.3. Influencia de compuestos volátiles del fruto	36
2.4. CONCLUSIONES	39

2.5. LITERATURA CITADA	40
CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN, ATRACCIÓN HACIA OLORES CONESPECÍFICOS Y DEL HOSPEDERO Y PREFERENCIA PARA OVIPOSICIÓN DEL PICUDO DEL TEJOCOTE	43
RESUMEN	43
ABSTRACT	43
3.1. INTRODUCCIÓN	44
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.2.1. Identificación de la especie y determinación del sexo	46
3.2.2. Observaciones sobre comportamiento	46
3.2.2.1. Actividad de los adultos	46
3.2.2.2. Localización de adultos en la copa	47
3.2.3. Experimento de atracción	47
3.2.4. Experimento de preferencia para oviposición	49
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.3.1. Identificación de la especie y determinación del sexo	50
3.3.2. Observaciones sobre comportamiento	51
3.3.2.1. Actividad de los adultos	51
3.3.2.2. Localización de adultos en la copa	54
3.3.3. Experimento de atracción	55
3.3.4. Experimento de preferencia para oviposición	57
3.4. CONCLUSIONES	62
3.5. LITERATURA CITADA	63
	PÁG
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES GENERALES	66
4.1. MOSCA DE LA FRUTA	66
4.2. PICUDO DEL TEJOCOTE	66
APÉNDICE A. GENOTIPOS DE TEJOCOTE	68
APÉNDICE B. DAÑOS POR MOSCA DE LA FRUTA Y PICUDO DEL TEJOCOTE	69
APÉNDICE C. GENITALIA MASCULINA DEL PICUDO DEL TEJOCOTE	69

## ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
CAPÍTULO 1	
Cuadro 1. Compuestos volátiles con efecto atrayente sobre <i>Rhagoletis pomonella</i> , reportados por diversos autores.	12
CAPÍTULO 2	
Cuadro 1. Datos de identificación de los genotipos de <i>Crataegus</i> del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo utilizados para evaluar la asincronía hospedero-plaga y la resistencia a <i>Rhagoletis</i>	26

”



*pomonella*.

Cuadro 2. Comparación cualitativa de compuestos volátiles en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) precoces e intermedios con diferente nivel de infestación por *Rhagoletis pomonella* (Chapingo, México, 2007). 37

Cuadro 3. Comparación cuantitativa de cinco compuestos volátiles atrayentes de *Rhagoletis pomonella* presentes en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) precoces e intermedios con diferente nivel de infestación (Chapingo, México, 2007). 39

### CAPÍTULO 3

Cuadro 1. Análisis de correlación de cuatro variables evaluadas en el experimento de preferencia del picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) para oviposición (n=80). 60

## ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

### CAPÍTULO 2

Figura 1. Fluctuación poblacional de adultos de *Rhagoletis pomonella* en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) con diferente época de maduración de fruto (Chapingo, México, 2006). 32

Figura 2.	Fluctuación poblacional de larvas de <i>Rhagoletis pomonella</i> en genotipos de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) con diferente época de maduración de fruto (Chapingo, México, 2006).	32
Figura 3.	Comparación de proporciones de frutos infestados por <i>Rhagoletis pomonella</i> en ocho genotipos de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) precoces, según el número de larvas por fruto, durante la temporada 2007 (Chapingo, México).	34
Figura 4.	Comparación de proporciones de frutos infestados por larvas de <i>Rhagoletis pomonella</i> en ocho genotipos intermedios de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.), durante la temporada 2006 (Chapingo, México).	34
Figura 5.	Comparación de proporciones de frutos infestados por <i>Rhagoletis pomonella</i> en 12 genotipos intermedios de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.), según el número de larvas por fruto, durante la temporada 2007 (Chapingo, México).	35

### CAPÍTULO 3

Figura 1.	Comparación de proporciones de adultos de picudo ( <i>Conotrachelus crataegi</i> ) del tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) según su localización en el árbol (Tlalancaleca, Puebla, 2007).	55
Figura 2.	Comparación de medias del porcentaje neto de adultos del picudo ( <i>Conotrachelus crataegi</i> ) del tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) atraídos hacia diferentes fuentes de volátiles.	56
Figura 3.	Comparación de proporciones acumuladas de frutos infestados por huevecillos de <i>Conotrachelus crataegi</i> en ocho genotipos de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.).	58
Figura 4.	Comparación de proporciones de frutos ovipositados por picudo ( <i>Conotrachelus crataegi</i> ) del tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) con relación a la época de maduración de los genotipos.	59
Figura 5.	Comparación de proporciones de frutos ovipositados por picudo ( <i>Conotrachelus crataegi</i> ) del tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.), según el grado de maduración del fruto.	59
Figura 6.	Influencia del tamaño de fruto en la preferencia del picudo ( <i>Conotrachelus crataegi</i> ) del tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) para oviposición.	60

### RESUMEN GENERAL

ASINCRONÍA HOSPEDERO-PLAGA Y BÚSQUEDA DE RESISTENCIA A *Rhagoletis pomonella* EN *Crataegus* spp.; FUENTES DE ATRACCIÓN Y PREFERENCIA DE *Conotrachelus crataegi* PARA OVIPOSICIÓN EN TEJOCOTE.

Manolo Muñoz Merino, M.C.

La mosca de la fruta (*Rhagoletis pomonella*) y el picudo o barrenador del hueso son las dos principales plagas del tejocote (*Crataegus* spp.) en México. El presente trabajo se realizó en dos fases: una para determinar la importancia de la asincronía *Rhagoletis-Crataegus* y evaluar la resistencia de 20 genotipos de tejocote a la mosca; la otra para identificar, observar el comportamiento de adultos, buscar fuentes de atracción y estudiar la preferencia de oviposición del picudo. Los resultados de la primera fase mostraron ausencia de infestación por larvas de *R. pomonella* en genotipos de fructificación tardía, así como diferencias ( $P \leq 0.05$ ) entre los niveles de infestación de genotipos precoces y entre los de intermedios. Dichos niveles estuvieron relacionados con el tamaño del fruto, así como con la presencia y abundancia de compuestos volátiles del mismo. En la segunda fase se identificó al picudo del tejocote como *Conotrachelus crataegi* y se determinó que: su mayor actividad (caminata, alimentación y cópula) ocurre en la noche; la mejor fuente de atracción de adultos fue el fruto con orificios artificiales, con insectos alimentándose o sólo; la preferencia para oviposición estuvo directamente relacionada con la dureza y tamaño de fruto e inversamente relacionada con el grado de madurez del mismo y que los genotipos intermedios fueron los más preferidos para oviposición.

**Palabras clave:** comportamiento de adultos, compuestos volátiles, genotipos de tejocote, mosca de la manzana, picudo del tejocote.

#### ABSTRACT

HOST-PEST ASYNCHRONY AND PROBABLE *Crataegus* RESISTANCE TO *Rhagoletis pomonella*; ATTRACTION SOURCES AND OVIPOSITION PREFERENCE OF THE HAWTHORN CURCULIO.

Manolo Muñiz Merino, M.C.

Apple maggot (*Rhagoletis pomonella*) and hawthorn curculio (seed-hawthorn borer) are the main pests of the hawthorn (*Crataegus* spp.) in Mexico. This research was conducted in two steps: the first one to assess the importance of the temporal asynchrony between *R. pomonella* adult populations and *Crataegus* phenology; and to evaluate the resistance to apple maggot in 20 hawthorn genotypes. The second step aimed to identify, describe the adult behavior, search for adult attraction sources, and study the oviposition preference of the hawthorn curculio. Results indicated a lack of infestation by *R. pomonella* in late-season genotypes and significant differences in larval infestation levels between early-season genotypes, and between middle-season genotypes; such levels were related to fruit size and presence and abundance of fruit volatile compounds. In the second phase, the hawthorn curculio was identified as *Conotrachelus crataegi*, and it was determined that: its major activity (walking, feeding, and copulation) occurs at night; the best adult attractant sources were fruit with artificial punctures, fruit with adults feeding on it and fruit alone; female oviposition preference was directly related to fruit hardness and size, but inversely related to fruit maturity status; the middle-season hawthorn genotypes were the most preferred to oviposition.

**Key words:** apple maggot, adult behavior, hawthorn curculio, hawthorn genotypes, volatile compounds.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El tejocote (*Crataegus spp.*) tiene un gran potencial como fuente de pectina (Higareda *et al.*, 1995; Higareda *et al.*, 1995a), para la producción de fruta fresca, como portainjerto de otros frutales, como forraje, como ornamental, como planta medicinal y para preparar licores (Nieto-Ángel y Borys, 1991). En México, dicho frutal se cultiva todavía a nivel de traspatio o semicomercial, generalmente en asociación con diversas especies anuales o perennes.

Las estadísticas señalan al estado de Puebla como el principal productor de fruta de esta especie, de entre siete entidades en las que está reportado su cultivo, con una producción de 3,287 ton en la temporada 2005 (SAGARPA, 2005). Los problemas fitosanitarios son la principal limitante para la producción y comercialización del tejocote.

En la región productora de Puebla, sobresalen los daños ocasionados por dos insectos: mosca de la fruta (*Rhagoletis pomonella* Walsh) y barrenador del hueso o picudo del tejocote (especie no identificada). Las larvas de ambas plagas se desarrollan en el interior de los frutos, alimentándose de la pulpa y, en el caso del segundo insecto, incluso de las semillas, característica a la que debe su nombre común. Aunado a las pérdidas directas, existen restricciones en la movilización de fruta hacia zonas del país reconocidas oficialmente como libres o con baja prevalencia de moscas de la fruta (DOF, 1998), lo cual limita el mercado del tejocote.

Una opción para el control integrado de plagas en frutales es la selección de genotipos o variedades cultivadas resistentes a las mismas, a partir de poblaciones del hospedante (Robinson, 1987). La “evasión” (*sic*) de una plaga por el hospedante podría considerarse un mecanismo de resistencia, resultado de una coevolución planta-herbívoro (Romero y Villanueva, 2000) y, es otra alternativa en el manejo de la plaga.

La selección de genotipos resistentes es factible en el género *Crataegus*, ya que posee una amplia variabilidad genética pues comprende alrededor de 265 especies (Phipps *et al.*, 1990). De éstas, se han reportado 13 en la región norte de nuestro país (Phipps, 1997) y probablemente existan otras dos hacia el centro y sur (Nuñez-Colín<sup>1</sup>, información personal). Parte de esa variabilidad se ha venido concentrando en un banco de germoplasma ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo, mediante la colecta de materiales de *Crataegus* procedentes de diferentes entidades del país, contándose a la fecha con más 167 genotipos.

En el caso del picudo, es necesario generar información acerca de su comportamiento y biología, así como encontrar un método práctico de monitoreo, lo cual coadyuvaría tanto para el diseño de una estrategia adecuada de control integrado como para futuros estudios acerca de esta plaga. Una opción para el monitoreo es el uso de trampas con semioquímicos, la cual ha sido posible en otras especies de insectos (García y Osorio, 2000), razón por la que se decidió evaluar diferentes fuentes de olores como posibles atractivos de adultos.

## 1.2. OBJETIVOS

Para el apartado de mosca de la fruta, los objetivos fueron:

- a) Evaluar la asincronía *Crataegus-Rhagoletis pomonella*.
- b) Buscar resistencia a *Rhagoletis pomonella* en genotipos de tejocote.
- c) Analizar la relación entre los niveles de infestación por larvas de *Rhagoletis pomonella* y algunas características del fruto.

<sup>1</sup> M.C. Carlos Alberto Nuñez-Colín, estudiante de Doctorado en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo: Departamento de Fitotecnia.

En el caso del picudo del tejocote, se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Realizar observaciones sobre el comportamiento de los adultos.
- b) Evaluar la atracción de adultos hacia diferentes fuentes de olores.
- c) Evaluar la preferencia para oviposición en diferentes genotipos de tejocote, con relación a la fenología del fruto.

### **1.3. HIPÓTESIS**

Para el apartado de mosca de la fruta:

- a) Existen genotipos de tejocote cuyo período de susceptibilidad a la plaga está desfasado con las altas poblaciones de la misma.
- b) El nivel de infestación por larvas varía entre genotipos de un mismo grupo de maduración de frutos.
- c) Los niveles de infestación por larvas tienen relación con características morfológicas y fisiológicas del fruto.

Para el apartado de picudo del tejocote:

- a) Existe al menos una fuente de olores del hospedante o de la plaga que atrae a hembras y/o machos de esta última.
- b) La preferencia para oviposición está relacionada con el genotipo y con la fenología del fruto de tejocote.

## 1.4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.4.1. Generalidades sobre tejocote

El género *Crataegus* pertenece a la familia Rosaceae, Subfamilia Maloideae y Tribu *Crataegeae*. Debido a su amplia variabilidad, se divide en categorías infragenéricas denominadas secciones, las que a su vez se subdividen en series de especies. En total, el género comprende 265 especies clasificadas en 14 secciones y 34 series, distribuidas en América, Asia y Europa. (Phipps *et al.*, 1990).

El origen del género no se conoce con certeza; diversas evidencias muestran que se originó en la era Terciaria, desapareciendo gran parte de su diversidad a finales de la misma. Posteriormente, al parecer, se desarrollaron dos líneas paralelas de evolución, una en Asia y otra en el norte de América. Sin duda las especies de *Crataegus* que existen actualmente en Europa son derivadas del centro de origen chino, mientras que el grupo de especies que predominan en México, representado por *C. pubescens* y *C. mexicana*, se originaron de *C. scabrifolia*. Aunque ésta última tiene su hábitat en el Este del Continente asiático, no se descarta a México como posible centro de origen. (Phipps, 1983).

En México, se ha determinado parcialmente el número total de especies existentes de *Crataegus*. Mediante estudios realizados en el norte de México (a partir de 21° de latitud norte, más el Estado de Hidalgo), Phipps (1997) identificó 13 especies del género, ubicadas en cuatro secciones (*Parvifoliae*, *Mexicanae*, *Crus-galli* y *Coccineae*): *C. uniflora*, *C. mexicana*, *C. gracilior*, *C. rosei* (*subsp. parryana*), *C. baroussana* (*var. baroussana*), *C. cuprina*, *C. grandifolia* (*var. grandifolia* y *var. potosina*), *C. serratissima*, *C. johnstonii*, *C. tracyi* (*var.*



*madrensis* y *var coahuilensis*), *C. greggiana* (*var. greggiana* y *var. pepo*), *C. aurens* y *C. sulfurea*.

## **1.4.2. Mosca de la fruta**

### **1.4.2.1. Ubicación taxonómica y razas de *Rhagoletis pomonella***

*Rhagoletis pomonella* pertenece a la familia Tephritidae, subfamilia Trypetinae, tribu Trypetini y subtribu Carpomyina (Smith y Bush, 2000). Los mismos autores, clasifican a las especies del género *Rhagoletis* en 15 grupos tentativos con base en sus relaciones filogenéticas moleculares y morfológicas, ubicando a *R. pomonella* en el grupo con el mismo nombre, junto con *R. cornivora*, *R. mendax* y *R. zephyria*.

El tejocote (*Crataegus spp.*) es considerado hospedero ancestral de *R. pomonella* (Rull *et al.*, 2006; White y Elson-Harris, 1992), a partir del cual divergió la raza que infesta a la manzana (*Malus pumila*) al ser introducida esta especie vegetal al continente Americano a mediados del siglo XIX (Bush, citado por White y Elson-Harris, 1992).

En México, es posible que existan dos *taxa* de *R. pomonella* en tejocote, uno localizado en la Sierra Madre Oriental, en frutos de maduración temprana, y otro en el Eje Volcánico Trans Mexicano, en frutos de maduración tardía (Rull *et al.*, 2006).

### **1.4.2.2. Distribución y hospederos de *Rhagoletis pomonella***

*Rhagoletis pomonella* se distribuye en los Estados Unidos de América, sureste de Canadá y México (Christenson y Foote, 1960; Smith y Bush, 2000; White y Elson-Harris, 1992). Se ha reportado también en la parte templada de Asia (Afganistán), pero probablemente se trata de una identificación errónea (White y Elson-Harris, 1992).

Tiene como hospederos comerciales a diversas especies de la familia Rosaceae, tales como manzana cultivada (*Malus domestica*), ciruela chikasawa (*Prunus angustifolia*), durazno (*P. persica*), y manzana Siberiana (*M. baccata*). Las larvas también se han encontrado en pera (*Pyrus communis*), aunque en esta especie no se observó emergencia de adultos. En Nueva Inglaterra (EUA), *R. pomonella* utiliza los frutos de la rosa japonesa (*Rosa rugosa*) y de *R. carolina* como hospederos alternativos. En Utah (EUA), donde no se ha reportado infestando manzana, *R. pomonella* ataca la cereza agria (*Prunus cerasus*). Hay también un registro de su presencia en fruta de chabacano (*Prunus armeniaca*) en Nueva York (EUA). (White y Elson-Harris, 1992).

El principal hospedero silvestre a partir del cual han evolucionado las poblaciones de la plaga es el tejocote; también hay registros en los géneros de rosáceas *Amelanchier*, *Aronia* y *Cotoneaster* spp. (White y Elson-Harris, 1992).

Otros registros de *R. pomonella* en *Sorbus aucuparia* y *Prunus avium* (cereza dulce), requieren confirmación; los reportes de su presencia en *Gaulthieria baccata*, *Vaccinium macrocarpon*, ciruela cultivada (presumiblemente *P. domestica*) *V. corymbosum*, *V. angustifolium*, *V. vitis-idaea*, *Lycopersicon esculentum* (jitomate) y *Gaultheria procumbens*, han sido probablemente identificaciones erróneas de *R. mendax* y otras especies (White y Elson-Harris, 1992). Smith y Bush (2000), señalan como registros raros o no confirmados de *R. pomonella*, a los realizados en *Amelanchier bartramiana*, *A. spicata* (probablemente *A. sanguinea*), *Aronia arbutifolia*, *A. melanocarpa*, *Cotoneaster* sp. (o *Pyracantha* sp.) y *Prunus persica*.

En México, *R. pomonella* está distribuida principalmente en las zonas templadas (Aluja, 1993), infestando al menos cinco de las 13 especies de tejocote (*Crataegus mexicana*, *C. rosei rosei*, *C. rosei parrayana*, *C. greggiana* y *C. cuprina*) presentes en la mayor parte del país donde se encuentra este frutal de forma natural (1,600-2,800 msnm), con excepción de una franja de 90 km en el Eje Volcánico Trans Mexicano, de lado del Altiplano Central contiguo a la transición hacia la Sierra Madre Oriental, el sector noroeste de México y la Sierra Madre del Sur (Rull *et al.*, 2006).

#### **1.4.2.3. Biología de *Rhagoletis pomonella***

En un ciclo de vida típico, las hembras adultas ovipositan bajo la cáscara de frutos hospederos en proceso de maduración o completamente maduros. Pasan por tres instares larvales y al completar el tercero la cutícula se endurece para formar un pupario con una larva inactiva de cuarto instar dentro, la cual eventualmente puede despojarse de su cutícula formando una pupa. La pupación ocurre usualmente en el suelo a profundidades mayores a 2.5 ó 5.0 cm. (Christenson y Foote, 1960).

La etapa de huevecillo dura de dos a cinco días, la de larva de 10 a 25 y la de pupa de 15 a 25, en condiciones óptimas (Aluja, 1993). En campo, el estadio larval puede durar desde dos semanas hasta varios meses; en el verano, dura de 20 a 22 días y se alarga en el otoño (Christenson y Foote, 1960).

*R. pomonella* es generalmente univoltina (Christenson y Foote, 1960), pero puede presentar hasta tres generaciones por año (Aluja, 1993). La mayor parte de los puparios permanecen en el suelo durante un invierno, algunos emergen el mismo verano, pocos permanecen dos inviernos y un número muy pequeño permanece en el suelo tres o cuatro años;

así, la etapa de pupa podría variar de 1 a 47 meses en diferentes lugares (Christenson y Foote, 1960).

En poblaciones univoltinas, es característica una diapausa obligada de la pupa (Christenson y Foote, 1960). Prokopy (1968) determinó que el inicio de la diapausa de *R. pomonella* es regulado por el fotoperíodo en la etapa larval y por la temperatura en larvas y pupas, ya que cuando larvas y pupas fueron criadas a 28 °C y fotoperíodo de 17-19 horas luz por día, el 75 % completó su desarrollo en 30 días y el 100 % en 64 días; únicamente bajo estos dos regímenes hubo 100 % de desarrollo sin ocurrencia de diapausa. El efecto de temperatura y fotoperíodo sobre adultos y huevos, así como el tipo y cantidad de alimento de las larvas (estudiados por Prokopy en el mismo trabajo), no tuvieron influencia sobre tal fenómeno.

La emergencia de los adultos es diurna, ocurriendo principalmente entre las 7 y las 10 horas; su longevidad varía desde 19 días en campo hasta 60 días en laboratorio (Christenson y Foote, 1960). Pasan por un período de preoviposición que puede durar de 5 a 15 días, según el cultivar de procedencia, las condiciones de cría y el cultivar disponible para oviposición (Neilson *et al.*, 1981).

El período de oviposición dura de 25 a 74 días (Neilson *et al.*, 1981). El principal factor que determina su inicio en tejocote negro (*Crataegus douglasii* Lindl.), es la dureza del fruto y en menor grado el tamaño y contenido de agua del mismo (Messina y Jones, 1990).

La fecundidad promedio de *R. pomonella* es de 300 a 400 huevecillos por hembra (Aluja, 1993).

#### 1.4.2.4. Estudios de resistencia a *Rhagoletis pomonella*

Los trabajos de investigación que reportan algún tipo de resistencia a *R. pomonella* se han realizado en diferentes variedades cultivadas y silvestres de manzana.

Gonewardene *et al.* (1975) encontraron diferentes grados de resistencia a larvas en genotipos de manzana e identificaron algunas selecciones para utilizarlas en estudios de mejoramiento.

Pree (1977) encontró resistencia a larvas de esta plaga en seis variedades silvestres de manzana. Dicha resistencia estuvo correlacionada con el contenido total de fenoles del fruto. En el mismo estudio, se encontró que los ácidos gálico, tánico y p-coumárico, así como quercetina, naringenina y d-catequina (compuestos fenólicos), adicionados a la dieta a concentración de 1000 ppm, evitaron el desarrollo larval.

Gonewardene (1979), reportó mayor resistencia a la mosca de la fruta en la variedad de manzana Starking Delicious que en las variedades Jonathan y Golden Delicious. Gonewardene y Povish (1988) “no encontraron resistencia” (*sic*) al evaluar 168 genotipos de *Malus sp.*, provenientes de diversos países. Gonewardene y Howard (1989), encontraron resistencia de “origen desconocido” (*sic*) en la línea de manzano E29-56 (ambos padres de la línea eran susceptibles).

En un estudio realizado por Reissig *et al.* (1990), se seleccionaron diversas especies y clones de manzana silvestre resistentes a *R. pomonella* por antixenosis a la oviposición y/o antibiosis a las larvas; se observó que la preferencia para oviposición estuvo correlacionada positivamente con el diámetro del fruto.

#### 1.4.2.5. Factores involucrados en la atracción de *Rhagoletis pomonella*

Diversos estudios han demostrado que *R. pomonella* es atraída hacia los frutos hospederos por una serie de factores físicos (Maxwell, 1968; Moericke *et al.*, 1975; Prokopy, 1972), mecánicos, fisiológicos (Messina y Jones, 1990) y químicos de los mismo (Zhang *et al.*, 1999; Nojima *et al.*, 2003; Nojima *et al.*, 2003a), tales como forma, color, tamaño, resistencia a la penetración, contenido de agua y compuestos químicos.

Moericke *et al.* (1975) encontraron la mayor atracción de adultos de mosca de la manzana hacia los colores amarillo, rojo y negro, y la menor hacia blanco y azul; las formas circular, cuadrada, ligeramente rectangular o triangular (compactas) fueron las más atractivas. Maxwell (1968), observó la mayor atracción hacia los colores amarillo y verde y la menor hacia rojo y azul. Prokopy (1972) encontró mayor atracción con el color amarillo saturno con respecto a otros tonos del mismo y otros colores de trampas pegajosas rectangulares, pero menor con respecto a esferas de color rojo.

El factor químico es esencial para la localización del hospedero. Nojima *et al.* (2003), identificaron seis compuestos volátiles involucrados en la atracción de adultos de *R. pomonella* originarios de tejocote, cuyo nivel de atracción dependió de la concentración; la mezcla de cuatro de ellos (3-metilbutan-1-ol, 4,8-dimetil-1,3(E) 7-nonatrieno, butil hexanoato y dihidro- $\beta$ -ionona), mostró niveles de atracción equivalentes a los seis primeros. La mezcla anterior es diferente a la involucrada en la atracción de individuos de la raza de *R. pomonella* que infesta manzana (Zhang *et al.*, 1999), y de una población de la misma especie que infesta *Cornus florida* (Nojima *et al.*, 2003a), lo cual apoya la hipótesis de que los compuestos volátiles son determinantes en la especificidad del hospedero en el complejo de razas de *R. pomonella*.

Los compuestos volátiles enlistados en el Cuadro 1, han sido reportados como atrayentes de *R. pomonella* en una serie de trabajos de investigación, incluyendo los dos citados.

Una vez que las moscas han arribado al fruto, dos de los factores más importantes en la aceptación del mismo para la oviposición son la presencia de feromona de marcaje depositada previamente por otras hembras en orificios de ovipostura, la cual es deterrente (Prokopy, 1972a), y la resistencia a la penetración (Messina y Jones, 1990). Con relación a lo último, Messina y Jones (1990) encontraron que en frutos de *Crataegus douglasi* con una resistencia mayor a 60 kg cm<sup>-2</sup> no hubo producción de puparios, y que a partir de la etapa de rápido incremento en tamaño y contenido de agua del fruto, aumentó la susceptibilidad a la oviposición.

### **1.4.3. Picudo del tejocote**

#### **1.4.3.1. Curculiónidos parásitos de tejocote**

Wellhouse (1922) reportó tres especies de la familia Curculionidae que utilizan como hospedero al género *Crataegus*: *Conotrachelus crataegi* (picudo del membrillo), *Anthonomus (Tachypterus) quadrigibbus* (picudo de la manzana) y *Anthonomus nebulosus* (picudo de la flor del tejocote). Los adultos y las larvas de las dos primeras se alimentan de los frutos; los adultos de *A. nebulosus* consumen brotes y sus larvas se han encontrado desarrollándose tanto en flores (Wellhouse, 1922) como en frutos (Maier, 1990).

Maier (1990), también reporta la presencia de un adulto del picudo del ciruelo (*Conotrachelus nenuphar*) emergiendo de frutos de *Crataegus* sp.

Cuadro 1. Compuestos volátiles con efecto atrayente sobre *Rhagoletis pomonella*, reportados por diversos autores.

Compuesto	Fruto(s) que lo produce(n)	Origen de las moscas	Referencia
3-metilbutan-1-ol	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
4,8-dimetil-1,3(E), 7-nonatrieno	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
Butil hexanoato	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
	manzana	manzana	Zang et al. (1999)
	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
Dihidro- $\beta$ -ionona	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
Ethyl acetato	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
Isoamil acetato	tejocote	tejocote	Nojima et al. (2003a)
	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
Butil butanoato	manzana	manzana	Zang et al. (1999)
Propil hexanoato	manzana	manzana	Zang et al. (1999)
	Manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
Hexil butanoato	manzana	manzana	Zang et al. (1999)
	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
Pentil hexanoato	manzana	manzana	Zang et al. (1999)
Dimetil trisulfido	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
1-octen-3-ol	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
$\beta$ -cariofileno	<i>Cornus florida</i>	<i>Cornus florida</i>	Nojima et al. (2003)
Hexil acetato	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
Butil 2-metilbutirato	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
Hexil propaonato	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
(E)-2-hexen-1-yl acetato	manzana	manzana	Fein <i>et al.</i> , (1982)
n-butil acetato	manzana	manzana	Swift (1982)



#### 1.4.3.2. Morfología y biología de *Conotrachelus crataegi*

Las características morfológicas externas que distinguen a los adultos de la especie *C. crataegi* son: a) presencia de una cresta prominente en la elevación protorácica, carinada desde la mitad posterior hasta el ápice anterior, b) los lados de los élitros convergen desde justo atrás de la base hasta el ápice, c) mesosterno emarginado y con procesos anterolaterales prominentes d) esternitos abdominales 3 y 4 usualmente con solo unas cuantas puncturas superficiales; superficie frecuentemente lisa. La genitalia del macho se caracteriza por presentar un edeago con ápice bisinuado, cuya longitud es de aproximadamente dos veces el ancho de su base; la placa dorsal es estrecha en la mitad basal y luego se amplía abruptamente, está hendida en la parte apical y ligeramente extendida hacia la base; el aparato de transferencia lleva un par de barras laterales robustas. (Schoof, 1942).

Sus principales hospederos son el tejocote (*Crataegus* spp.) y el membrillo (*Cydonia oblonga*) (Slingerland, 1898; Wellhouse, 1922; Maier, 1990), aunque también se ha encontrado desarrollándose en pera (*Pyrus communis*) (Slingerland, 1898, Maier, 1990), durazno (Slingerland, 1898) y más recientemente en manzana (*Malus domestica* y *Malus* sp.) (Maier, 1980; Maier, 1990).

*Conotrachelus crataegi* inverna como larva, a una profundidad de entre 5 y 7.7 cm bajo la superficie del suelo, en una celda de tierra. La pupación ocurre en la primavera, dentro de la misma celda, teniendo una duración de 10 a 20 días. Los adultos permanecen en la celda de tierra por 10 o más días, tiempo durante el cual su cuerpo va adquiriendo la coloración normal y la dureza requerida para salir del suelo; emergen a la superficie generalmente en el verano (junio y julio), aunque en años más calurosos pueden emerger desde finales de mayo. Después de salir, se

alimentan de frutos en desarrollo y, probablemente, en muy bajo grado, también de las hojas. Una semana después, comienzan a copular y pronto inicia la oviposición; en frutos de *Crataegus* ésta última puede ocurrir desde finales de mayo y durante junio, en años calurosos, y en julio y agosto, en años más frescos; las hembras colocan un solo huevo por orificio de ovipostura. Las larvas se alimentan alrededor de las semillas; una sola larva puede consumir hasta la mitad de toda la pulpa antes de abandonar el fruto (entre agosto y octubre) para introducirse en el suelo. (Slingerland, 1898; Wellhouse, 1922).

#### **1.4.3.3. Semioquímicos en curculiónidos**

La familia Curculionidae es la más grande de Coleoptera, con más de 40,000 especies (Arnett, 1993). Algunas de ellas son plagas agrícolas, lo cual ha propiciado la necesidad de buscar métodos efectivos y ambientalmente seguros para minimizar su impacto, entre los que se encuentran semioquímicos como las feromonas (Bartelt, 1999).

Bartelt (1999) da una lista de 34 especies de curculiónidos de importancia agrícola, forestal y de almacén, en las que se ha reportado producción o respuesta a feromonas. La mayor parte de estas feromonas son producidas por los machos y usualmente atraen a ambos sexos (feromonas de agregación), otras son liberadas por las hembras para atraer a machos (feromonas sexuales de largo alcance), algunas permiten a los machos el reconocimiento de individuos conespecíficos del mismo sexo (feromonas de contacto) y otras más son deterrentes de la oviposición (feromonas de marcaje).

También se ha reportado respuesta de curculiónidos a compuestos volátiles del hospedero o a la combinación de partes del mismo con insectos conespecíficos. Respecto a lo primero, Leskey *et al.* (2001) indican que dos compuestos volátiles de frutos inmaduros de ciruela (etil

isovalerato y limoneno) fueron atractivos para adultos de *Conotrachelus nenuphar* en laboratorio, mientras que Osorio (2006) afirma que machos y hembras de *Anthonomus eugeni* responden hacia olores emitidos por botones florales y frutos en desarrollo de Chile. Con relación a la interacción de insectos y hospedero, Leskey y Prokopy (2001) señalan que hembras y machos adultos de *C. nenuphar* son fuertemente atraídos hacia ciruelas solas o con hembras alimentándose; similarmente, Calyecac (2006) determinó que la combinación de volátiles liberados por los machos de *Trichobaris championi* y los de su hospedero, *Physalis ixocarpa*, proporcionó el mejor estímulo de atracción para dicha plaga.

En México, se han logrado identificar algunos semioquímicos involucrados en la relación de ciertas plagas de importancia agrícola con sus plantas hospederas. Al respecto, se pueden citar los trabajos de Ruiz (2003), quien encontró evidencias de la presencia de una feromona de agregación del picudo del agave (*Scyphoporus acupunctatus*) y de Tafoya (2003), quien aisló e identificó tres cetonas constituyentes de la feromona de agregación del picudo de nopal (*Metamasius spinolae*); ambos semioquímicos son producidos por los machos.

#### **1.4.3.4. Preferencia de curculiónidos para oviposición**

Se han reportado factores como el genotipo, la etapa fenológica, tamaño o calidad nutricional del fruto, el grosor de la parte susceptible a la oviposición, compuestos químicos presentes en el hospedero, las formas de los sitios de ovipostura y la proporción entre dimensiones del sitio de ovipostura y el ovipositor del insecto, influyendo en la preferencia de oviposición de diversas especies de curculiónidos.

Con relación al primer factor, Alm y Hall (1986) registraron un número significativamente menor de oviposturas en frutos de tres cultivares de manzana silvestre resistentes a *C. nenuphar* con relación a un cultivar susceptible.

Polavarapu *et al.* (2004) sugirieron la influencia de la etapa fenológica del fruto al señalar que el número de oviposturas de *C. nenuphar* fue mayor en cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum*) tempranos e intermedios en comparación con los tardíos.

La influencia del tamaño sobre el grado de oviposición, ha sido reportada por Alm y Hall (1986), quienes encontraron una correlación de 0.61 entre el diámetro y el porcentaje de frutos de manzana ovipositados por el picudo del ciruelo, y por Salinas (1999), quien observó que los adultos del barrenador pequeño del hueso del aguacate (*Conotrachelus perseae*) ovipositan con mayor frecuencia en frutos de 4.6 cm de diámetro que en frutos más pequeños o más grandes. Respecto al grosor de la parte de la planta donde ovipositan los picudos, Calyecac (2004) sugirió que la probabilidad de éxito de desarrollo de *Trichobaris championi* podría explicar la relación entre el número de oviposturas registradas en las ramas de su hospedero (*Physalis ixocarp*) y el diámetro de estas últimas.

Desouhant (1997) propuso la hipótesis de que el insecto tiene la habilidad de detectar y explotar frutos de alta calidad alimenticia, pues no encontró evidencias de la influencia del tamaño de fruto, presencia de insectos inmaduros conespecíficos de la plaga bajo estudio o compuestos del hospedero repelentes a la misma, sobre la preferencia de oviposición de *Curculio elephas* en *Castanea sativa*.

En cuanto al efecto de compuestos químicos presentes en el hospedero, Butkewich *et al.* (1987) encontraron que los adultos de *C. nenuphar* fueron más atraídos hacia frutos de ciruela

con heridas de ovipostura u orificios artificiales que hacia frutos intactos, aunque la frecuencia de oviposición fue menor en los primeros; sugirieron que las heridas pueden aumentar la habilidad de los adultos del picudo para localizar los frutos, pero al mismo tiempo propiciar señales que le permiten discriminar aquellos densamente ovipositados. Recientemente Adesso *et al.* (2007), descubrieron que frutos de chile Jalapeño infestados con huevos de *Anthonomus eugenii* fueron deterrentes de la oviposición a hembras de la misma especie, a diferencia de los frutos intactos.

Con respecto a las formas de los sitios de ovipostura, Yonce *et al.* (1972) concluyeron que *C. nenuphar* prefiere ovipositar en superficies curvadas que en superficies planas. La elección del sitio de oviposición por hembras de *Odoiporus longicollis* está determinada por la proporción entre la longitud del ovipositor y el espesor (el cual depende de la variedad) de la pared externa de la cámara de aire de la hoja exterior del pseudotallo de banano; la preferencia es más alta cuando tal proporción se encuentra entre 1: 0.70 y 1: 0.90 (Dutt y Maiti, 1979).

Otro factor estudiado por Yonce *et al.* (1972) fue la preferencia para oviposición en frutos con o sin cáscara; estos autores encontraron que *C. nenuphar* ovipositó mas frecuentemente en frutos completos que en la pulpa expuesta.

### 1.5. LITERATURA CITADA

- Addesso, K. M., H. J. McAuslane, P. A. Stansly, and D. J. Schuster. 2007. Host-marking by female pepper weevels, *Anthonomus eugenii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 125(3): 269-276.
- Alm, S. R. and F. R. Hall. 1986. Crabapple cultivar preferences of the plum curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae). *Fruit Varieties Journal* 40 (3): 83-87.

- Aluja, S. M. 1993. Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta. Ed. Trillas, S. A. de C. V. México. 251 p.
- Arnett, R. H. Jr. 1993. American Insects: a Handbook of the Insects of America North of Mexico. Shandill Crane Press. Gainesville, Florida, USA. 850 p.
- Bartelt. 1999. Weevils. *In*: Pheromones of Non-Lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants. Hardie J. and A. K. Minks (eds.) CAB International. UK. pp. 91-112.
- Butkewich, S., R. J. Prokopy, and T. A. Green. 1987. Discrimination of occupied host fruit by plum curculio females (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology* 13(8): 1833-1841.
- Calyecac, C. H. G. 2004. Comportamiento de *Trichobaris championi* Barber (Coleoptera: Curculionidae) e identificación de los volátiles de *Physalis ixocarpa* Brot. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 83 p.
- Calyecac, C. H. G., J. Cibrián T., J. López C. y R. García V. 2006. Emisores de los volátiles de atracción de *Trichobaris championi* Barber. *Agrociencia* 40: 655-663.
- Christenson, L. D. and R. H. Foote. 1960. Biology of Fruit Flies. *Annual Review of Entomology*. 5: 171-192.
- Desouaht, E. 1998. Selection of fruits for oviposition by the chesnut weevil, *Curculio elephas*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86: 71-78.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1998. Norma Oficial Mexicana NOM-075-FITO-1997, por la que se establecen los requisitos para la movilización de frutos hospederos de mosca de la fruta. 23 de abril de 1998. México.
- Dutt, N. and B. Maiti. 1979. Ovipositor length in *Odoiporus longicollis* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) as a criterion of site for oviposition in cultivated species of banana. *Journal of Entomological Research* 3(1): 91-95.
- Fein, B. L., W. H. Reissig, and W. L. Roelofs. 1982. Identification of apple volatiles attractive to the apple maggot. *Journal of Chemical Ecology* 8(12): 1473-1487.
- García, R. M. J. y R. Osorio O. 2000. El uso de semioquímicos en el control de plagas de hortalizas. pp. 76-82. *In*: Temas selectos en Fitosanidad y Producción de Hortalizas. Bautista M. N., A. D. Suárez V. y O. Morales G. (eds.) Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados.

- Gonewardene, H. F. 1979. A “no choice” study for evaluating resistance of apple fruits to four insect pests. *Hortscience* 14(2): 165-166.
- Gonewardene, H. F.; W. K. Kwolwk; R. E. Dolphin, and E. B. Williams. 1975. Evaluating resistance of apple fruits to four insect pests. *HortScience* 10(4): 393-394.
- Gonewardene, H. F. and W. R. Povish. 1988. Arthropod resistance in plant introduction accessions of *Malus sp.* to some arthropod pests of economic importance. *Fruit Varieties Journal* 42(3): 88-91.
- Gonewardene, H. F and P. H. Howard. 1989. E7-47, E7-54, E29-56, and E31-10 apple germplasm with multiple pest resistance. *HortScience* 24(1): 167-169.
- Higareda, R. A., M. J. A. Salazar y R. G. E. Ramos. 1995. Caracterización de la pectina del tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4: 155-157.
- Higareda, R. A., E. A. O. Prado, M. J. A. Salazar, R. G. E. Ramos, D. M. Rosales. 1995a. El concentrado comercial de pectina de la pulpa de tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4:47-52.
- Leskey, T. C. and R. J. Prokopy. 2001. Sources of apple odor attractive to adult plum curculios. *Journal of Chemical Ecology* 26(3): 639-653.
- Leskey, T. C., R. J. Prokopy, S. E. Wright, P. L. Phelan, and L. W. Haynes. 2001. Evaluation of individual components of plum odor as potential attractants for adult plum curculios. *Journal of Chemical Ecology* 27(1): 1-17.
- Maier, C. 1980. Quince curculio, *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae), developing in apple, a new host, in southern New England. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 82(1): 59-62.
- Maier, C. T. 1990. Native and exotic rosaceous hosts of apple, plum, and quince curculio larvae (Coleoptera: Curculionidae) in the northeastern United States. *Journal of Economic Entomology* 83(4):1326-1332.
- Maxwell, C. W. 1968. Interception of apple maggot adults on colored traps in an orchard. *Journal of Economic Entomology* 61(5): 1259-1260.
- Messina, F. J. and V. P. Jones. 1990. Relationship between fruit phenology and infestation by the apple maggot (Diptera: Tephritidae) in Utah. *Annals of the Entomological Society of America* 83(4): 742-752.

- Moericke, V.; R. J. Prokopy; S. Berlocher, and G. L. Bush. 1975. Visual stimuli eliciting attraction of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) flies to trees. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 18: 497-507.
- Neilson, W. T. A.; A. D. Knowlton, and K. B. McRae. 1981. Preoviposition and oviposition periods of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *The Canadian Entomologist* 113: 1061-1067.
- Nieto-Ángel, R. y M. W. Borys. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México. pp. 309-324. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México*. Ortega, P. R.; G. Palomino H.; F. Castillo G.; V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI). Chapingo, México.
- Nojima, S., Ch. Linn Jr., B. Morris, A. Zhang, and W. Roelofs. 2003. Identification of host fruit volatiles from hawthorn (*Crataegus* spp.) attractive to hawthorn-origin *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology* 29(2): 2347-2357.
- Nojima, S., Ch. Linn Jr., and W. Roelofs. 2003a. Identification of host fruit volatiles from flowering dogwood (*Cornus florida*) attractive to dogwood-origin *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology* 29(10): 2347-2357.
- Osorio, C. J. 2006. Comportamiento y respuesta hacia atrayentes de adultos del picudo de Chile, *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 57 p.
- Phipps, J. B. 1983. Biogeographic, taxonomic and cladistic relationships between east asiatic and north american *Crataegus*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 70: 667-700.
- Phipps, J. B., K. R. Robertson, P. G. Smith, and J. R. Rohrer. 1990. A checklist of the subfamily Maloideae (Rosaceae). *The Canadian Journal of Botany* 68: 2209-2269.
- Phipps, J. B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). *SIDA Botanical Miscellany* 15: 1-94.
- Polavarapu, S., V. Kyryczenko-Roth, and J. D. Barry. 2004. Phenology and infestation patterns of plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) on four highbush blueberry cultivars. *Journal of Economic Entomology* 97(6): 1899-1905.
- Pree, D. J. 1977. Resistance to development of larvae of the apple maggot in crab apples. *Journal of Economic Entomology* 70(5): 611-614.
- Prokopy, R. J. 1968. Influence of the photoperiod, temperature, and food on initiation of diapause in the apple maggot. *The Canadian Entomologist* 100: 318-329.



- Prokopy, R. J. 1972. Response of apple maggot to rectangles of different colors and shades. *Environmental Entomology* 1(6): 720-726.
- Prokopy, R. J. 1972a. Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition in apple maggot flies. *Environmental Entomology* 1(3): 326-332.
- Reissig, W. H., S. K. Brown, R. C. Lamb, and J. N. Cummins. 1990. Laboratory and field studies of resistance of crab apple clones to *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*. 19(3): 565-572.
- Robinson, R. A. 1987. Manejo del Hospedante en Patosistemas Agrícolas. Roberto García-Espinosa (traductor). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. pp. 241-260.
- Romero, R. F. y C. Villanueva V. 2000. Resistencia Vegetal a Insectos y Ácaros: los Conceptos y las Bases. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. pp. 87-91.
- Ruiz, M. C. 2003. Comunicación química de *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Doctorado en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 72 p.
- Rull, J., M. Aluja, J. Feder, and S. Berlocher. 2006. Distribution and host range of hawthorn-infesting *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 99(4): 662-672.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2005. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), SAGARPA: Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). México.
- Salinas, C. A. 1999. Biología del barrenador pequeño del hueso del aguacate *Conotrachelus perseae* Barber en Tacámbaro, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 60 p.
- Schoof, H. F. 1942. The genus *Conotrachelus* Dejean (Coleoptera: Curculionidae) in the North Central United States. Contribution from the Entomological Laboratories of the University of Illinois No. 223. The University of Illinois Press Urbana, USA. 170 p.
- Slingerland, M. V. 1898. The quince curculio. Bulletin 148. Cornell University Agricultural Station. Ithaca, N. Y., USA. pp. 693-715.
- Smith, J. J. and G. L. Bush. 2000. Phylogeny of the subtribe Carpomyina (Tripetinae) emphasizing relationships of the genus *Rhagoletis*. pp. 187-218. *In: Fruit flies*

- (Tephritidae) Phylogeny and Evolution of the Behavior. Aluja, M. and A. L. Norrbom (eds). CRC Press LLC. Florida, USA.
- Swift, F. 1982. Field tests of visual and chemical lures for apple maggot flies. *Journal of Economic Entomology* 75(2): 201-206.
- Tafoya, R. F. 2003. Aislamiento e identificación de la feromona de agregación del picudo del nopal *Metamasius spinolae* (Gylh.) (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 56 p.
- Wellhouse, W. H. 1922. The insect fauna of the genus *Crataegus*. Doctor of Philosophy Thesis. Reimpreso de: Cornell University Agricultural Station Memoir 56. Ithaca, N. Y., USA. pp. 1045-1136.
- White, I. M. and M. M. Elson-Harris. 1992. Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. CAB International and ACIAR (The Australian Centre for International Agricultural Research). Redwood Press LTD, Melkshan. Reino Unido. pp. 352-378.
- Yonce, C. E., J. A. Payne, and R. R. Pate. 1972. Feeding and oviposition preferences of female plum curculios. *Journal of Economic Entomology* 65(4): 1206-1207.
- Zhang, A., C. Jr. Linn, S. Wright, R. Prokopy, W. Reissig, and W. Roelofs. 1999. Identification of a new blend of apple volatiles attractive to the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology* 25: 1221-1232.

## **CAPÍTULO 2. ASINCRONÍA HOSPEDERO-PLAGA Y BÚSQUEDA DE RESISTENCIA A *Rhagoletis pomonella* EN GENOTIPOS DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.), EN CHAPINGO, MÉXICO**

### **RESUMEN**

*Rhagoletis pomonella* es la principal plaga del tejocote (*Crataegus* spp.) en México. En esta investigación se estudió la asincronía entre la fenología del hospedero y el desarrollo del insecto, y se evaluó la resistencia de 20 genotipos de *Crataegus* a dicha plaga. Los resultados mostraron que los genotipos tardíos no fueron infestados debido al desfase entre la presencia de frutos susceptibles a la oviposición y los picos poblacionales de adultos. Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los niveles de infestación de genotipos precoces y entre los de genotipos intermedios, lo que sugiere algún tipo de resistencia a *R. pomonella* en algunos de ellos; tales niveles estuvieron relacionados con el tamaño del fruto, así como con la presencia y abundancia de compuestos volátiles del mismo.

**Palabras clave:** compuestos volátiles, *Crataegus*, resistencia vegetal, *Rhagoletis pomonella*.

### **ABSTRACT**

*Rhagoletis pomonella* is the main pest of the hawthorn (*Crataegus* spp.) in Mexico. In this research I explored the asynchrony between host phenology and insect development, and assess the resistance of 20 *Crataegus* genotypes to such pest. Results indicated that late-season genotypes escaped infestation because fruit are out of phase regarding high adult populations. The significant differences in infestation levels between early-season genotypes and between middle season genotypes suggest that some of them could have unknown resistance traits to *R.*

*pomonella*. Infestation levels were related to fruit size and to the presence and abundance of fruit volatile compounds.

**Key words:** *Crataegus*, *Rhagoletis pomonella*, vegetal resistance, volatile compounds.

## 2.1. INTRODUCCIÓN

El tejocote (*Crataegus* spp.) tiene un gran potencial como fuente de pectina Higareda *et al.*, 1995; Higareda *et al.*, 1995a), para la producción de fruta fresca, para la preparación de licores y como portainjerto, forraje, ornamental y planta medicinal (Nieto-Ángel y Borys, 1991). Sin embargo, una de las limitantes para explotarlo intensivamente es la presencia de la mosca de la fruta (*Rhagoletis pomonella*), pues al menos cinco especies del género *Crataegus*, distribuidas en 14 entidades de la República, son sus hospederas (Rull *et al.*, 2006). Además, la movilización de frutas hospederas de moscas de la fruta se encuentra regulada oficialmente en México (DOF, 1998), lo que implica restricciones en la comercialización.

Una alternativa ante el ataque de plagas es el uso de genotipos o cultivares resistentes. Sin embargo, el mejoramiento genético es muy lento en cultivos arbóreos, por lo que es más práctica la selección de resistencia a partir de poblaciones variables, ya existentes, del hospedante (Robinson, 1987); esta posibilidad se ha explorado para encontrar resistencia a *R. pomonella* en variedades de manzano (Gonewardene *et al.*, 1975; Pree, 1977; Gonewardene, 1979; Gonewardene y Povish, 1988; Lamb *et al.*, 1988; Gonewardene y Howard, 1989; Reissig *et al.*, 1990;). La Universidad Autónoma Chapingo cuenta con un Banco de Germoplasma de tejocote con más de 100 genotipos, variabilidad que hace factible la selección mencionada.

Otra alternativa es buscar un desfase entre los períodos de susceptibilidad del hospedero con la presencia de la plaga. Tal característica, si existe en la población vegetal, podría haber

resultado de la coevolución debida a la competencia planta-herbívoro, en cuyo caso también sería un mecanismo de resistencia al que Romero y Villanueva (2000) denominan evasión.

Por las razones descritas, el presente trabajo se realizó con los objetivos de: evaluar la importancia de la asincronía fenológica del tejocote con las poblaciones de *R. pomonella*, comparar los niveles de infestación por esta plaga en 20 genotipos de *Crataegus* y analizar la influencia del color, tamaño y compuestos volátiles del fruto sobre dichos niveles.

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.2.1. Material vegetal**

El estudio se realizó en el Banco de Germoplasma de tejocote cultivado con genotipos colectados en diversas entidades de la República Mexicana desde 1980, ubicado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, a una altitud de 2,250 msnm. Los genotipos están clasificados con números asignados al momento de la colecta; cada uno consta de uno a cinco árboles, dispuestos en el orden en que fueron ingresados.

La identificación a especie de los genotipos de *Crataegus* utilizados en este trabajo fue realizada por Nuñez-Colín<sup>1</sup> (Información no publicada), utilizando las claves de Eggleston (1909) y de Phipps (1997). Estos se ubicaron en cinco especies: *C. stipulosa* (H. B. K.) Steud, *C. nelsoni* Eggl., *C. mexicana* Moc. & Sessé, *C. gracilior* Phipps y una más que no fue posible identificar (genotipo 42), por carecer de una clave adecuada. Para fines del presente estudio, los genotipos se clasificaron por su época de maduración en: tempranos (septiembre-octubre), intermedios (octubre-noviembre) y tardíos (noviembre-diciembre).

<sup>1</sup> M.C. Carlos Alberto Nuñez-Colín, estudiante de Doctorado en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo (UACH): Departamento de Fitotecnia.

Cuadro 1. Datos de identificación de los genotipos de *Crataegus* del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo utilizados para evaluar la asincronía hospedero-plaga y la resistencia a *Rhagoletis pomonella*.

Genotipo	Código de Accesión	Lugar de colecta			Colector y año de colecta	Especie	
		Localidad	Latitud	Longitud			Altitud (msnm)
2	RNU06	Rancho Nuevo, Chis.	16.67	-92.57	2,400	Borys, 1982	<i>C. stipulosa</i>
6	RNU01	Rancho Nuevo, Chis.	16.67	-92.57	2,400	Borys, 1982	<i>C. stipulosa</i>
7	RRO02	Rancho Robelo, Chis.	16.67	-92.45	2,250	Borys, 1982	<i>C. stipulosa</i>
8	SCC05	San Cristóbal de las Casas, Chis.	16.75	-92.67	2,300	Borys, 1982	<i>C. stipulosa</i>
10	SCC04	San Cristóbal de las Casas, Chis.	16.75	-92.67	2,300	Borys, 1982	<i>C. stipulosa</i>
12	RRO01	Rancho Robelo, Chis.	16.67	-92.45	2,250	Borys, 1982	<i>C. nelsoni</i>
13	RNU03	Rancho Nuevo, Chis.	16.67	-92.57	2,400	Borys, 1982	<i>C. nelsoni</i>
14	RRO06	Rancho Robelo, Chis.	16.67	-92.45	2,250	Borys, 1982	<i>C. nelsoni</i>
16	MIT01	Mitzitán, Chis.	16.65	-92.55	2,380	Borys y Nieto, 1985	<i>C. nelsoni</i>
18	RRO03	Rancho Robelo, Chis.	16.67	-92.45	2,250	Borys, 1982	<i>C. nelsoni</i>
19	MIT04	Mitzitán, Chis.	16.65	-92.55	2,380	Borys y Nieto, 1985	<i>C. nelsoni</i>
21	RRO04	Rancho Robelo, Chis.	16.67	-92.45	2,250	Borys, 1982	<i>C. nelsoni</i>
22	MIT03	Mitzitán, Chis.	16.65	-92.55	2,380	Borys y Nieto, 1985	<i>C. nelsoni</i>
33	HUE01	Huejotzingo, Pue.	19.17	-98.40	2,280	Nieto y Borys, 1983	<i>C. mexicana</i>
35	MIT07	Mitzitán, Chis.	16.65	-92.55	2380	Borys y Nieto, 1985	<i>C. stipulosa</i>
36	SPI03	San pablo Ixayoc, Edo. de Méx.	19.47	-98.78	2,600	Nieto y Borys, 1982	<i>C. mexicana</i>
40	SPI02	San pablo Ixayoc, Edo. de Méx.	19.47	-98.78	2,600	Nieto y Borys, 1982	<i>C. mexicana</i>
42	SCC03	San Cristóbal de las Casas, Chis.	16.75	-92.67	2,300	Borys, 1982	No identificada
48	HUE04	Huejotzingo, Pue.	19.17	-98.40	2,280	Nieto y Borys, 1982	<i>C. mexicana</i>

Cuadro 1. Continuación.

Genotipo	Código de Accesión	Lugar de colecta				Colector y año de colecta	Especie
		Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)		
52	CAN01	Candelaria, Chis.	16.70	-92.53	2,320	Nieto <sup>1</sup> y Barrientos <sup>1</sup> , 1989	<i>C. nelsoni</i>
55	HUE06	Huejotzingo, Chis.	19.17	-98.40	2,280	Nieto y Borys <sup>2</sup> , 1983	<i>C. gracilior</i>
62	TEQ01	Tequesquináhuac, Edo. de Méx.	19.48	-98.82	2460	Nieto y Borys, 1982	<i>C. gracilior</i>
63	TEQ02	Tequesquináhuac, Edo. de Méx.	19.48	-98.82	2460	Nieto y Borys, 1982	<i>C. gracilior</i>
66	SCM03	Sta. catarina del Monte, Edo. de Méx.	19.48	-98.77	2700	Nieto y Borys, 1982	<i>C. gracilior</i>
83	SCC09	San Cristóbal de las Casas, Chis.	16.75	-92.67	2300	Nieto y Barrientos, 1989	<i>C. stipulosa</i>
86	HUE10	Huejotzingo, Pue.	19.17	-98.40	2280	Nieto y Barrientos, 1988	<i>C. mexicana</i>
89	SCC13	San Cristóbal de las Casas, Chis.	16.75	-92.67	2300	Nieto y Barrientos, 1989	<i>C. stipulosa</i>
91	XAM02	Xalmimilulco, Pue.	19.22	-98.38	2220	Nieto y barrientos, 1988	<i>C. gracilior</i>
97	SCM04	Sta. catarina del Monte, Edo. de Méx.	19.48	-98.77	2700	Nieto y Borys, 1982	<i>C. gracilior</i>
PH (11)	HUE13	Huejotzingo, Pue.	19.17	-98.40	2,280	Nieto, 1991	<i>C. mexicana</i>

<sup>1</sup> Nieto-Ángel, R. y Barrientos-Priego, A. F., Profesores-Investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH: Departamento de Fitotecnia).

<sup>2</sup> Dr. Michal W. Borys, Profesor-Investigador de la Universidad Popular Autónoma de Puebla (UPAEP).

### 2.2.2. Asincronía hospedero-plaga

La asincronía *R. pomonella-Crataegus* se evaluó mediante el estudio de la fluctuación poblacional de adultos y larvas, durante la temporada de producción 2006 y su comparación con la producción de frutos.

Para estudiar la fluctuación de adultos se colocaron seis trampas tipo Pherocon AM®: dos en los genotipos tempranos 8 y 66, dos en los intermedios 55 y 86, y dos en los tardíos 42 y 35,

las cuales se revisaron y cambiaron cada 14 días, desde el 30 de julio hasta el 17 de diciembre. En cada revisión se registró el número promedio de moscas por trampa por día (MTD) para cada grupo de genotipos. Por su naturaleza temporal, los datos fueron analizados utilizando un modelo mixto, mediante el procedimiento MIXED del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004).

El estudio de la fluctuación de larvas consistió en muestreos de frutos realizados cada siete días en los genotipos tempranos 8, 14, 62, 63, 66 y 83, en los intermedios 2, 12, 33, 36, 55, 86 y 97 y en los tardíos 6, 19, 35 y 42, durante el período de madurez de frutos. De esta forma, resultaron tres períodos de muestreo: 3 de septiembre a 28 de octubre para genotipos precoces, 1 de octubre a 25 de noviembre para intermedios y 5 de noviembre a 17 de diciembre para tardíos. En el último grupo los muestreos se suspendieron al no encontrar larvas durante varias semanas, aunque su etapa de producción puede extenderse hasta enero. Las muestras estuvieron compuestas de 12 frutos, tomados al azar de todos los árboles disponibles de cada genotipo, de la parte media oriental de la copa, de acuerdo a la norma oficial NOM-023-FITO-1995 (DOF, 1999). Se registró el número promedio de larvas por fruto.

### **2.2.3. Evaluación de los niveles de infestación**

Los niveles de infestación por larvas se evaluaron durante la temporada 2006 en genotipos intermedios y durante 2007 en genotipos precoces e intermedios. En 2006, se evaluaron los genotipos 2, 12, 22, 33, 36, 52, 55 y Pecoso de Huejotzingo (11). En el 2007 algunos de los anteriores no fructificaron, pero se incluyeron otros, evaluándose los precoces 7, 8, 10, 91, 16, 18, 66 y 83, y los intermedios 2, 12, 13, 21, 22, 33, 40, 48, 86, 89, 97 y Pecoso de Huejotzingo.

Se muestrearon 25 frutos de cada genotipo, colectados en estado de madurez inicial y mantenidos en el laboratorio a temperatura ambiente durante 10 días antes de ser revisados. En el 2006, se registró como variable respuesta el estado de cada fruto (sano o infestado); en la



temporada 2007, el número de larvas por fruto, con la finalidad de comparar proporciones acumuladas de dicha variable. El muestreo se realizó en la tercera semana de septiembre para genotipos precoces y en la tercera de octubre para intermedios. Los frutos se tomaron al azar del tercio medio oriental de la copa, de todos los árboles de cada genotipo.

Los datos del 2006 se analizaron mediante regresión logística binaria (distribución binomial y función de enlace logit) utilizando el procedimiento LOGISTIC, del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004); los del 2007, con el uso de modelos logísticos acumulativos (distribución multinomial y función de enlace logit acumulativa) mediante el procedimiento GENMOD del mismo programa. Los niveles de infestación se compararon mediante pruebas de contrastes entre todos los genotipos de cada grupo de maduración; con base en las proporciones de verosimilitud y el valor de P, se determinaron los grupos estadísticamente diferentes. El diámetro de fruto se evaluó como covariable, pero no fue significativo, por lo que no se incluyó en los modelos.

Durante la toma de datos se registró el color y tamaño de fruto, datos que sirvieron para formar clases y realizar contrastes de proporciones de verosimilitud con base en esas variables.

#### **2.2.4. Influencia de compuestos volátiles del fruto**

Para evaluar la influencia de compuestos volátiles se seleccionaron dos genotipos de cada grupo de maduración, uno del grupo estadístico más infestado y otro del menos infestado. Se capturaron los compuestos volátiles de cada uno por la técnica de microextracción en fase sólida (SPME por sus siglas en inglés), utilizando una fibra de polidimetilsiloxano con película de 100  $\mu\text{m}$  (Supelco). En cada captura se utilizaron 200 g de frutos en madurez inicial, colocados dentro de un matraz con capacidad de 1 L, previamente lavado con agua y jabón libre de fosfatos, acetona y alcohol, y mantenido por 30 min a 150 °C. Para asegurar que se tomaran frutos con

madurez similar, se midió el contenido de azúcares de ocho de ellos en cada genotipo con un refractómetro Atago 100<sup>®</sup>. La boca del matraz se cubrió con papel aluminio, a través del cual se insertó la aguja del dispositivo de SPME para exponer la fibra a los volátiles liberados por los frutos; el dispositivo fue sostenido con un soporte universal. El tiempo de captura fue de 45 min y las muestras fueron inyectadas al cromatógrafo de gas inmediatamente después de la captura.

Los análisis se realizaron en un cromatógrafo de gases HP 6890, con una columna HP-5MS de 30 m de longitud, 0.250 mm de diámetro interno y película de 0.25  $\mu\text{m}$  (Agilent Technologies), el cual estaba acoplado a un espectrómetro de masas HP 5973. El programa de análisis fue el reportado por Nojima *et al.* (2003a). Se realizaron cuatro repeticiones de cada muestra y dos capturas en cada repetición, la primera de las cuales se corrió en modo SCAN, para el análisis cualitativo e integración de picos bien definidos y otra en modo SIM, para cuantificar los iones del butil hexanoato, cuyo pico estaba sobrepuesto con otro. La identificación de compuestos se realizó comparando los tiempos de retención y los espectros de masas con los de estándares disponibles en el laboratorio (obtenidos con Sigma-Aldrich, S.A. de C.V.) y con los espectros de la biblioteca NIST.

Se realizó una comparación cualitativa de los compuestos presentes y una comparación cuantitativa de cinco compuestos reportados como atrayentes de *R. pomonella*. La cuantitativa consistió en la comparación de medias de las proporciones de área de cada compuesto con respecto al área total de los cinco, entre los dos genotipos con infestación diferencial de cada grupo, mediante el procedimiento ANOVA del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004).

## 2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.3.1. Asincronía hospedero-plaga

Tanto la época de maduración ( $P= 0.0019$ ) como la fecha de revisión ( $P < .0001$ ), tuvieron efectos significativos ( $P \leq 0.05$ ) en el MTD, no así la interacción de ambos factores ( $P= 0.0723$ ).

Las poblaciones más altas de *R. pomonella* se presentaron del 13 de agosto al 24 de septiembre y declinaron hasta cero en la segunda semana de noviembre (Figura 1). Este período coincide en parte con el de máximas poblaciones en tejocote de Huejotzingo, Puebla y Atlautla, Edo. de México (todo septiembre y primera semana de octubre) reportados por Hernández *et al.* (2004) y Martínez *et al.* (1991), respectivamente; su mayor amplitud se debe probablemente a la variabilidad de genotipos presentes en el banco de germoplasma.

Los MTD de los genotipos tardíos fueron significativamente menores que los de precoces e intermedios, los cuales fueron estadísticamente iguales (Figura 1). Lo anterior se puede atribuir a que los adultos son más atraídos hacia los frutos a medida que avanza el grado de madurez de los mismos, debido principalmente a su pérdida de dureza (Messina y Jones, 1990) al aumento en el número y abundancia de compuestos volátiles (Carlé *et al.*, 1987) y probablemente también a su cambio de color (Prokopy, 1972a; Moericke *et al.*, 1975).

Con respecto a la fluctuación de larvas, la Figura 2 muestra que los genotipos precoces presentaron los promedios más altos de larvas por fruto, mientras que los tardíos prácticamente no fueron infestados. Estos resultados señalan claramente la influencia de la asincronía entre la época de susceptibilidad de los frutos a la oviposición (maduración) y los períodos de mayor densidad poblacional de moscas, sobre los niveles de infestación por larvas.

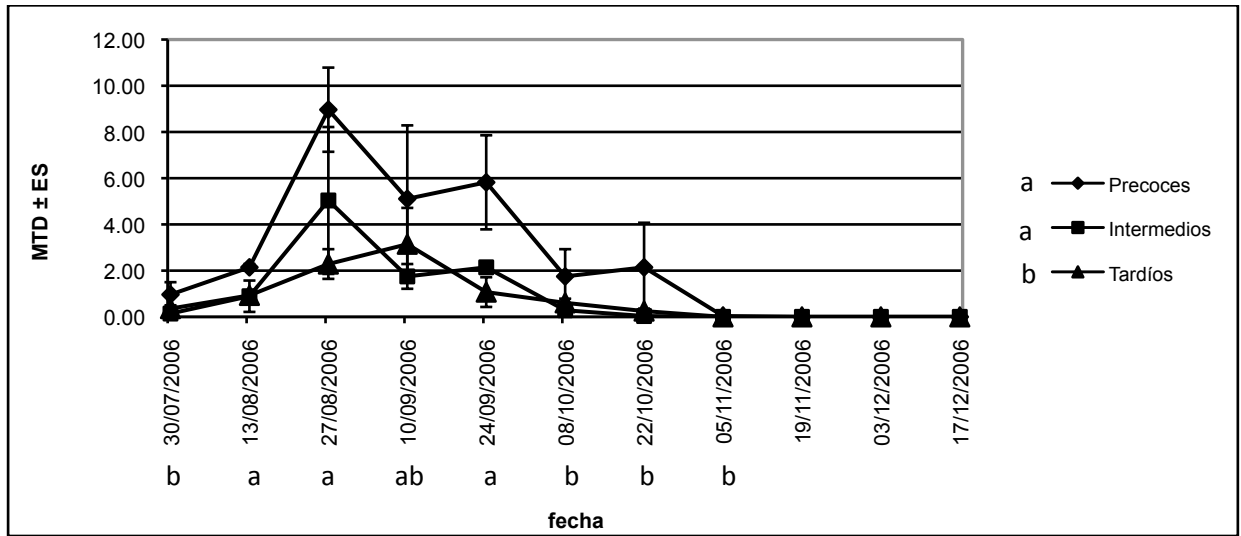


Figura 1. Fluctuación poblacional de adultos de *Rhagoletis pomonella* en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) con diferente época de maduración de fruto (Chapingo, México, 2006). Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) para una misma fecha o grupo de maduración. MTD: moscas/trampa/día. ES: error estándar.

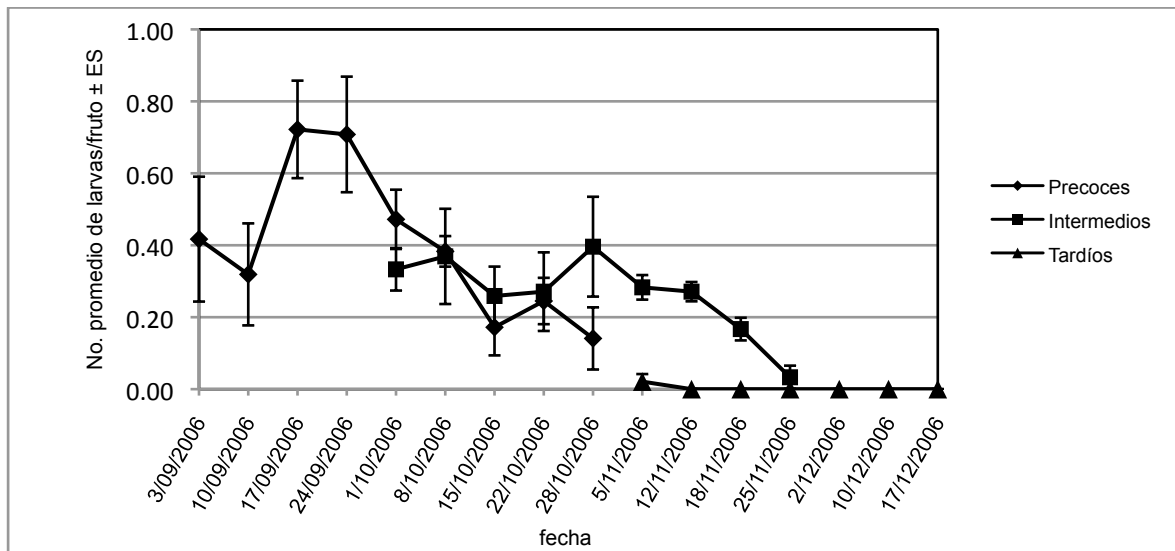


Figura 2. Fluctuación poblacional de larvas de *Rhagoletis pomonella* en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) con diferente época de maduración de fruto (Chapingo, México, 2006). ES: error estándar.

La maduración de frutos en los genotipos más precoces inicia en septiembre, coincidiendo por completo su etapa de susceptibilidad a la oviposición con los picos poblacionales de adultos, mientras que la de intermedios y tardíos, coincide con la etapa de declinación. En huertos de manzano, la población de adultos se concentra al principio de la temporada de producción en los genotipos precoces y progresivamente tiende a una distribución uniforme entre tempranos, intermedios y tardíos (Murphy *et al*, 1991); algo similar puede estar ocurriendo en tejocote, aunque en este caso los genotipos tardíos evaden las altas poblaciones de la plaga al madurar cuando la temperatura ambiental disminuye, siendo adversa para el desarrollo de las moscas.

La asincronía hospedero-plaga encontrada en este estudio, podría significar el mejor recurso para evadir las altas poblaciones de adultos de *R. pomonella*, mediante el aprovechamiento de genotipos tardíos. Una desventaja de éstos es su tamaño pequeño (diámetro de fruto menor a 25 cm), la cual se podría subsanar con la búsqueda de técnicas de producción forzada que permitan un retraso en los períodos de maduración de genotipos intermedios (de fruto más grande). Una desventaja de producir tardíamente es que en la época de Todos Santos (tradicción mexicana) no habría fruta disponible para venta, sin embargo, en fiestas decembrinas los genotipos tardíos tendrían una ventaja para su comercialización.

### **2.3.2. Evaluación de los niveles de infestación**

Las Figura 3 muestra los resultados de la prueba de contrastes entre los genotipos precoces evaluados en 2007; las figuras 4 y 5, los resultados de la misma para genotipos intermedios, evaluados en 2006 y 2007, respectivamente; en los tardíos no hubo infestación.

En el grupo de los precoces, los genotipos 83 y 7 presentaron las mayores proporciones de frutos infestados en todas las categorías; el resto mostró infestaciones menores, aunque las proporciones acumuladas al considerar las tres categorías, superan en todos los casos el 60 %.

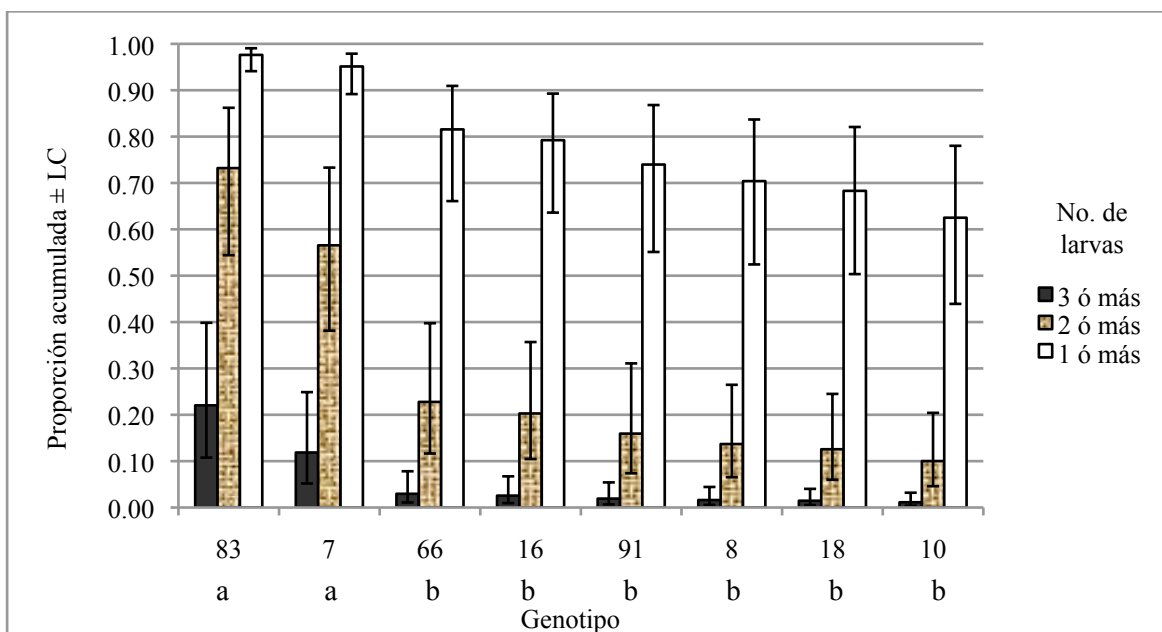


Figura 3. Comparación de proporciones de frutos infestados por *Rhagoletis pomonella* en ocho genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) precoces, según el número de larvas por fruto, durante la temporada 2007 (Chapingo, México). Genotipos con distinta letra tienen proporciones estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). LC: límites de confianza al 95 %.

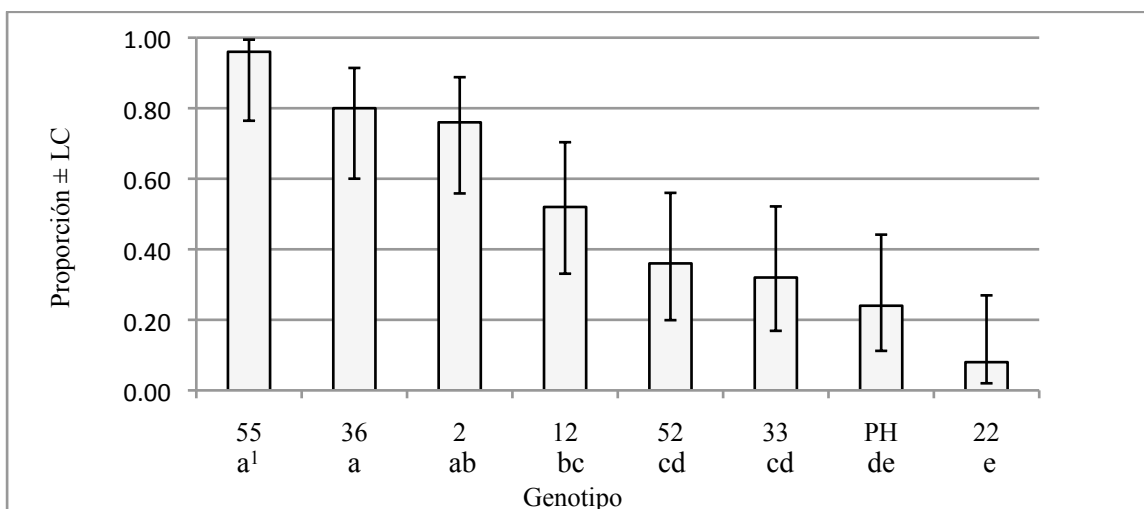


Figura 4. Comparación de proporciones de frutos infestados por larvas de *Rhagoletis pomonella* en ocho genotipos intermedios de tejocote (*Crataegus* spp.), durante la temporada 2006 (Chapingo, México). Genotipos con distinta letra tienen proporciones estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). PH: Pecos de Huejotzingo.

En el caso de genotipos intermedios los más infestados fueron el 55, el 36 y el 2 y los menos dañados, el 22 y el PH, en el 2006; en el 2007, el 48, el 40 y el 12 fueron los más infestados, mientras que el 22 tuvo las menores proporciones de frutos infestados; el 97, el 13 y el 86, conformaron el segundo grupo estadístico con las menores infestaciones. Lo anterior sugiere algún tipo de resistencia en el genotipo 22, dada su baja infestación en ambas temporadas; el 86, es de interés tanto por su fruto grande, como por su posible resistencia a *R. pomonella*.

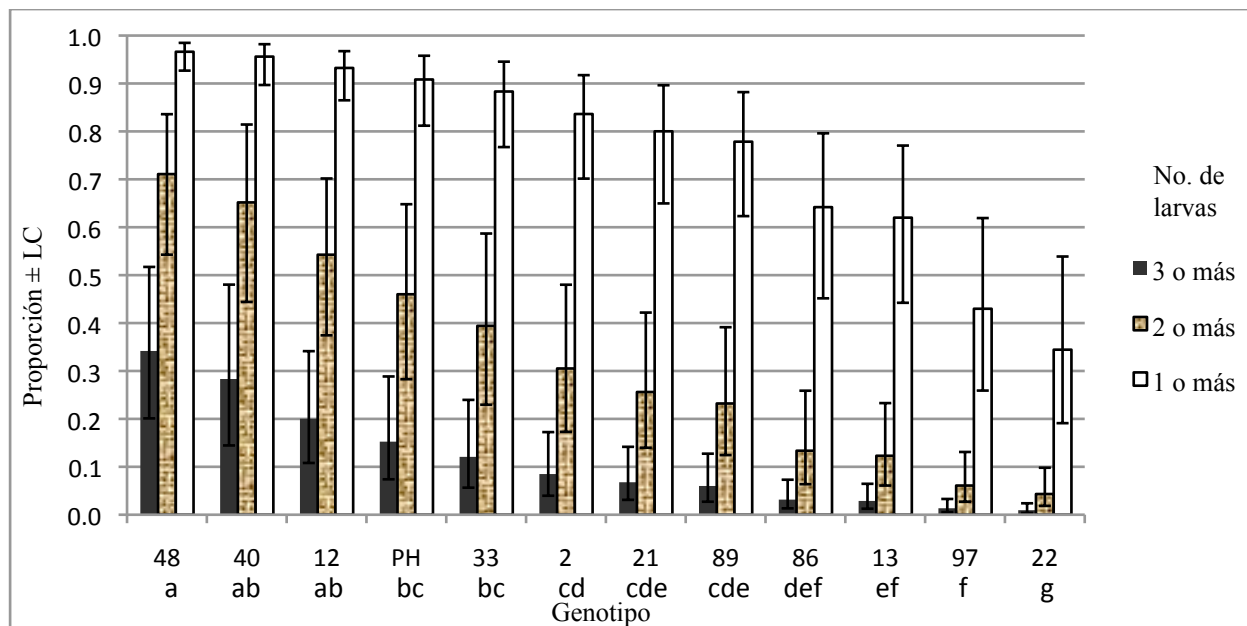


Figura 5. Comparación de proporciones de frutos infestados por *Rhagoletis pomonella* en 12 genotipos intermedios de tejocote (*Crataegus* spp.), según el número de larvas por fruto, durante la temporada 2007 (Chapingo, México). Genotipos con distinta letra tienen proporciones estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). LC: límites de confianza al 95 %. PH: Pecoso de Huejotzingo.

El color de fruto no tuvo influencia en las diferencias de los niveles de infestación ( $P > 0.05$ ), lo que sugiere igual atracción de frutos rojos y amarillos para hembras grávidas, hecho que

puede influir en los niveles de infestación por larvas; ambos colores han sido reportados como atractivos de adultos de *R. pomonella* (Maxwell, 1968; Prokopy, 1972a; Moericke *et al.*, 1975).

Con respecto al tamaño de fruto, todos los genotipos precoces cayeron en la categoría de pequeños (diámetro promedio menor a 25 cm), por lo cual no se realizó la prueba de contraste en éste caso. En los genotipos intermedios, los de tamaño grande fueron más infestados que los pequeños ( $P < .0001$ ), lo cual puede atribuirse a una mayor tasa de oviposición y probablemente a una mayor exposición de los primeros a las poblaciones de hembras adultas.

La influencia del tamaño en la oviposición ha sido reportada por Prokopy (1972) y Reissig, *et al.* (1990) en frutos de cereza y manzana, y se ha relacionado con la cantidad de feromona de marcaje liberada después de la oviposición (Prokopy, 1972); en ambos casos los frutos grandes fueron más preferidos por *R. pomonella* que los pequeños. En tejocote, sin embargo, es más probable que el efecto del tamaño se deba a una exposición diferencial de los frutos a la plaga (dada la alta variabilidad de los genotipos con respecto a los tiempos de maduración de fruto), al ser más cortos los períodos de susceptibilidad a la oviposición en genotipos de fruto pequeño.

Son necesarios más estudios para dilucidar los factores que determinan los niveles de infestación por mosca de la fruta en tejocote. Se puede, por ejemplo, explorar el efecto de compuestos del fruto sobre las larvas; al respecto, Pree (1977) observó correlación negativa entre el desarrollo de larvas y el contenido total de fenoles del fruto en variedades silvestres de manzano; los ácidos gálico, tánico y o-coumárico, y los flavonoides quercetina, naringenina y d-catequina, adicionados a la dieta artificial, inhibieron el desarrollo larval.

### **2.3.3. Influencia de compuestos volátiles del fruto**

Se identificaron 24 compuestos presentes en todas las repeticiones de los dos genotipos precoces y 24 que coincidieron en ambos genotipos intermedios. Los compuestos que



aparecieron solo en las muestras de alguno de los dos niveles de infestación en cada grupo de genotipos se muestran en el Cuadro 2.

Se observa que el butil caprilato apareció en los genotipos con baja infestación tanto del grupo de los precoces como de los intermedios y estuvo ausente en los de alta infestación. Por lo anterior, aunque no se encontró literatura que lo reporte como repelente de la mosca o como antagonista, es probable que tenga algún efecto que contrarreste la atracción de los demás compuestos e influya, de este modo, en los niveles de infestación.

Cuadro 2. Comparación cualitativa de compuestos volátiles en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) precoces e intermedios con diferente nivel de infestación por *Rhagoletis pomonella* (Chapingo, México, 2007).

Compuesto	Presencia		
	Genotipos precoces <sup>1</sup>	83	18
butil caprilato		no	Si
	Genotipos intermedios <sup>2</sup>	48	22
2-metil-, hexil butanoato		no	Si
propil octanoato		no	Si
isobutil n-caprilato		no	Si
hexil hexanoato		si	No
butil caprilato		no	Si

<sup>1</sup> El genotipo 83 pertenece al grupo estadístico de mayor infestación y el 18 al de menor infestación.

<sup>2</sup> El genotipo 48 pertenece al grupo estadístico de mayor infestación y el 22 al de menor infestación.

Otros dos ésteres de cadena principal de ocho carbonos aparecieron en el genotipo intermedio menos infestado y estuvieron ausentes en el más infestado, el propil octanoato y el isobutil n-caprilato (ambos estuvieron ausentes en los dos genotipos precoces). Un jabón a base de

caprilato de potasio causó repelencia a machos del áfido *Drepanosiphum platanoidis* y retardó la recolonización de hojas de sicómoro (*Acer pseudoplatanus*) (Parry *et al.*, 1989); esto sugiere una probable relación de los ésteres de cadena de ocho carbonos con la infestación por *R. pomonella*. Los otros dos compuestos (2-metil-, hexil butanoato y hexil hexanoato) probablemente no tengan relación alguna con los niveles de infestación.

De los compuestos identificados en ambos niveles de infestación de los dos grupos de genotipos, cinco han sido reportados como atrayentes de poblaciones de *R. pomonella*: el butil hexanoato en tejocote (Nojima *et al.*, 2003a) y manzana (Fein *et al.*, 1982; Zang *et al.*, 1999); dihidro- $\beta$ -ionona en tejocote (Nojima *et al.*, 2003a); butil butanoato en manzana (Zang *et al.*, 1999); butil 2-metilbutanoato en manzana (Fein *et al.*, 1982) y butil acetato en manzana (Swift, 1982). La comparación de las proporciones de área de estos compuestos entre los dos genotipos con infestación diferencial de cada grupo de maduración, se muestran en el Cuadro 3.

El único compuesto cuya abundancia fue significativamente mayor en el genotipo más infestado, en ambos grupos de maduración, fue el butil acetato; el resto, mostró inconsistencia en las proporciones de abundancia, ya que en genotipos precoces éstas fueron independientes del nivel de infestación, mientras que en los intermedios si hubo diferencias significativas. Estos resultados sugieren un efecto de atracción de moscas adicional en los frutos de genotipos más infestados con respecto a los menos infestados, propiciado por el butil acetato, el cual puede estar teniendo influencia en el nivel de infestación por larvas. Sin embargo habrá que investigar la función específica de estos compuestos en la atracción de moscas.

Cuadro 3. Comparación cuantitativa de cinco compuestos volátiles atrayentes de *Rhagoletis pomonella* presentes en genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.) precoces e intermedios con diferente nivel de infestación (Chapingo, México, 2007).

Compuesto	Genotipos precoces			Genotipos intermedios		
	Genotipo <sup>1</sup>	Media del PAC ± ES	Grupo estadístico	Genotipo <sup>2</sup>	Media del PAC ± ES	Grupo estadístico
butil acetato	83	1.24 ± 0.16	a	48	0.37 ± 0.02	A
	18	0.21 ± 0.08	b	22	0.07 ± 0.01	B
butil butanoato	83	61.50 ± 4.22	a	48	82.97 ± 2.46	A
	18	53.40 ± 8.79	a	22	22.73 ± 1.24	B
butil, 2-metilbutanoato	83	2.84 ± 1.27	a	48	1.04 ± 0.04	B
	18	4.28 ± 0.73	a	22	2.21 ± 0.19	A
butil hexanoato	83	27.75 ± 0.85	a	48	14.95 ± 2.33	B
	18	39.78 ± 9.82	a	22	73.45 ± 1.35	A
dihidro-β-ionona	83	6.67 ± 3.11	a	48	0.69 ± 0.13	B
	18	2.34 ± 0.53	a	22	1.54 ± 0.21	A

Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) para un mismo compuesto y grupo de maduración. ES: error estándar. PAC: Porcentaje de área cromatográfica. <sup>1</sup> El genotipo 83 pertenece al grupo estadístico de mayor infestación y el 18 al de menor infestación <sup>2</sup> El genotipo 48 pertenece al grupo estadístico de mayor infestación y el 22 al de menor infestación.

## 2.4. CONCLUSIONES

Los genotipos de tejocote de maduración precoz fueron los más infestados por mosca de la fruta, seguidos por los intermedios; los tardíos no fueron infestados debido a la asincronía fenológica de maduración del fruto con la presencia de adultos de la plaga.

En el grupo de genotipos precoces, los niveles de infestación por larvas más bajos se presentaron en los genotipos 10, 18, 8, 11, 16 y 66, y los más altos en el 7 y el 83. En el grupo de los intermedios, los genotipos con menor infestación fueron 22, 97, 13 y 86.

No hubo diferencias significativas en los niveles de infestación por larvas entre los genotipos de fruto amarillo y los de fruto rojo, pero si entre los de fruto grande y los de fruto pequeño, siendo mayor en los primeros. La presencia del compuesto volátil butil caprilato estuvo relacionada con niveles de infestación bajos, mientras que la abundancia del butil acetato lo estuvo con infestaciones altas.

## 2.5. LITERATURA CITADA

- Carlé, S. A., A. L. Averill, G. S. Rule, W. H. Reissig, and W. L. Roelofs. 1987. Variation in host fruit volatiles attractive to apple maggot fly, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology* 13(4): 795-805.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1998. Norma Oficial Mexicana NOM-075-FITO-1997, por la que se establecen los requisitos para la movilización de frutos hospederos de mosca de la fruta. 23 de abril de 1998. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1999. Norma Oficial Mexicana NOM-023-FITO-1995, por la que se establece la campaña nacional contra moscas de la fruta. 11 de febrero de 1999. México.
- Eggleston, W. W. 1909. The Crataegi of Mexico and Central America. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 36: 501-514.
- Fein, B. L., W. H. Reissig, and W. L. Roelofs. 1982. Identification of apple volatiles attractive to the apple maggot. *Journal of Chemical Ecology* 8(12): 1473-1487.
- Gonewardene, H. F. 1979. A “no choice” study for evaluating resistance of apple fruits to four insect pests. *HortScience* 14(2): 165-166.
- Gonewardene, H. F., W. K. Kwolwk, R. E. Dolphin, and E. B. Williams. 1975. Evaluating resistance of apple fruits to four insect pests. *HortScience* 10(4): 393-394.
- Gonewardene, H. F., and W. R. Povish. 1988. Arthropod resistance in plant introduction accessions of *Malus sp.* to some arthropod pests of economic importance. *Fruit Varieties Journal* 42(3): 88-91.
- Gonewardene, H. F., and P. H. Howard. 1989. E7-47, E7-54, E29-56, and E31-10 apple germplasm with multiple pest resistance. *HortScience* 24(1): 167-169.

- Hernández O., V., I. Morales y C. Vergara. 2004. Detección de poblaciones de *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) durante la fructificación de *Crataegus mexicana* (Rosaceae) en Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20 (1): 119-129.
- Higareda, R. A., M. J. A. Salazar y R. G. E. Ramos. 1995. Caracterización de la pectina del tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4: 155-157.
- Higareda, R. A., E. A. O. Prado, M. J. A. Salazar, R. G. E. Ramos, D. M. Rosales. 1995a. El concentrado comercial de pectina de la pulpa de tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4:47-52.
- Lamb, R. C., S. K. Brown and W. H. Reissig. 1988. Breeding for arthropod resistance in apple. *Acta Horticulturae* 224: 123-127.
- Martínez, O. L., J. Sánchez E. e H. Bravo M. 1991. Fluctuación poblacional de *Rhagoletis pomonella* Walsh en tejocote de la localidad de Atlautla, Edo. de México. *In: Moscas de la Fruta, Simposio Nacional 1991. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, Ver., México.*
- Maxwell, C. W. 1968. Interception of apple maggot adults on colored traps in an orchard. *Journal of Economic Entomology* 61(5): 1259-1260.
- Messina, F. J., and V. P. Jones. 1990. Relationship between fruit phenology and infestation by the apple maggot (Diptera: Tephritidae) in Utah. *Annals of the Entomological Society of America* 83(4): 742-752.
- Moericke, V., R. J. Prokopy, S. Berlocher, and G. L. Bush. 1975. Visual stimuli eliciting attraction of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) flies to trees. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 18: 497-507.
- Murphy, B. C., L. T. Wilson, and R. V. Dowell. 1991. Quantifying apple maggot (Diptera: Tephritidae) preference for apples to optimize distribution of traps among trees. *Environmental Entomology* 20(4): 981-987.
- Nieto-Ángel, R. y M. W. Borys. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México. pp. 309-324. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México. Ortega, P. R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI). Chapingo, México.*
- Nojima, S., Ch. Linn Jr., B. Morris, A. Zhang, and W. Roelofs. 2003a. Identification of host fruit volatiles from hawthorn (*Crataegus* spp.) attractive to hawthorn-origin *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology* 29(2): 2347-2357.
- Parry, W. H., I. D. Edwards, and T. A. R. Jenkins. 1989. Chemical control of sycamore aphid, *Drepanosiphum platanoidis* (Schr.), with organophosphorus and soap insecticides. *Crop Protection* 8(1): 30-36.
- Phipps, J. B. 1997. Monograph of Northern Mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). *SIDA Botanical Miscellany* 15: 1-94.

- Pree, D. J. 1977. Resistance to development of larvae of the apple maggot in crab apples. *Journal of Economic Entomology* 70(5): 611-614.
- Prokopy, R. J. 1972. Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition in apple maggot flies. *Environmental Entomology* 1(3): 326-332.
- Prokopy, R. J. 1972a. Response of apple maggot to rectangles of different colors and shades. *Environmental Entomology* 1(6): 720-726.
- Reissig, W. H., S. K. Brown, R. C. Lamb, and J. N. Cummins. 1990. Laboratory and field studies of resistance of crab apple clones to *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology* 19(3): 565-572.
- Robinson, R. A. 1987. Manejo del Hospedante en Patosistemas Agrícolas. Roberto García-Espinosa (traductor). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp. 241-260.
- Romero, R. F. y C. Villanueva V. 2000. Resistencia Vegetal a Insectos y Ácaros: los Conceptos y las Bases. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. pp. 87-91
- Rull, J., M. Aluja, J. Feder, and S. Berlocher. 2006. Distribution and host range of hawthorn-infesting *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 99(4): 662-672.
- SAS (SAS Institute Inc.). 2004. SAS/STAT<sup>®</sup> 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Swift, F. 1982. Field tests of visual and chemical lures for apple maggot flies. *Journal of Economic Entomology* 75(2): 201-206.
- Zhang, A., C. Jr. Linn, S. Wright, R. Prokopy, W. Reissig, and W. Roelofs. 1999. Identification of a new blend of apple volatiles attractive to the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology* 25(6): 1221-1232.

### **CAPÍTULO 3. IDENTIFICACIÓN, ATRACCIÓN HACIA OLORES CONESPECÍFICOS Y DEL HOSPEDERO Y PREFERENCIA PARA OVIPOSICIÓN DEL PICUDO DEL TEJOCOTE**

#### **RESUMEN**

El picudo o barrenador del hueso es una plaga que ocasiona graves daños a los frutos de tejocote (*Crataegus* spp.) en el estado de Puebla. En el presente trabajo se identificó la especie a la que pertenece dicho insecto, se observó la actividad de los adultos, se evaluaron como fuentes de atracción individuos de la misma especie, partes del hospedero y combinaciones de ambos, y se estudió su preferencia de oviposición. El insecto se identificó como *Conotrachelus crataegi*; su mayor actividad ocurre en la noche, consistiendo en caminata para búsqueda de alimento, alimentación y cópula. La mejor fuente de atracción de adultos fue el fruto con orificios hechos artificialmente, con insectos alimentándose o sólo. La preferencia para oviposición estuvo directamente relacionada con la dureza y tamaño de fruto e inversamente relacionada con el grado de madurez del mismo; fue mayor hacia los genotipos intermedios y menor hacia los tardíos.

**Palabras clave:** atrayentes, comportamiento de adultos, *Conotrachelus crataegi*, *Crataegus*, preferencia para oviposición.

#### **ABSTRACT**

The hawthorn curculio (seed-hawthorn borer) is a pest which causes great damage to hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits in Puebla, Mexico. This research was conducted to identify the seed-

hawthorn borer species, to observe the adult behavior, to evaluate host parts, conspecific insects, and host insect combinations as adult attractants, and to study the female oviposition preference. The insect was identified as *Conotrachelus crataegi*; its major activity occurs at night and consists in walking, feeding and copulating. Fruits with artificial punctures, fruits with adults feeding on it and fruits alone were the best adult attractant sources. I believe that attractive volatiles released from punctured fruits should be tested as source material to identify potential attractants for *C. crataegi*. Oviposition preference was directly related to fruit hardness and size, but inversely related to fruit maturity status. Early-season hawthorn genotypes were the most preferred to oviposition, and late-season genotypes were the less preferred.

**Key words:** adult behavior, attractants, *Conotrachelus crataegi*, *Crataegus*, oviposition preference.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

El tejocote (*Crataegus* spp.) es un frutal que tiene diversos usos (Nieto-Ángel y Borys, 1991) y un gran potencial para producción de pectina (Higareda *et al.*, 1995; Higareda *et al.*, 1995a). Se cultiva en siete estados del país, siendo Puebla el principal productor con una producción de 3,287 t de fruta en la temporada 2005 (SAGARPA, 2005). Sin embargo, la calidad del fruto y los rendimientos son afectados por el estado larval de un curculiónido conocido como barrenador del hueso, el cual se alimenta principalmente de la parte central del fruto, incluyendo las semillas. No se encontraron reportes previos al presente sobre la identificación de este insecto.

Para tomar decisiones sobre el control de la plaga mencionada, es necesario un monitoreo de sus poblaciones. El muestreo tradicional de algunos curculiónidos del género *Conotrachelus*,



consiste en sacudir las ramas para disturbar a los adultos y capturarlos al caer (Slingerland, 1898; Maier, 1980; González *et al.*, 2002); este método es impráctico, sobre todo cuando se desea establecer una red amplia de monitoreo. Además, el sacudimiento de ramas puede dañar los árboles y causar la caída de fruta (Lafleur y Hill, 1987). Una alternativa es el uso de trampas cebadas con semioquímicos, la cual ha funcionado para otras plagas insectiles (García y Osorio, 2000).

Debido a la escasa información sobre la biología del insecto en cuestión, fue necesario estudiar su comportamiento para poder diseñar adecuadamente un experimento que permitiera la identificación de fuentes de atracción de adultos. También se consideró de utilidad analizar la relación entre la fenología del fruto y la preferencia para oviposición, información que puede servir para futuras evaluaciones o en el control integrado de la plaga.

Por las razones descritas, el presente trabajo tuvo como objetivos: a) identificar la especie a la que pertenece el picudo del tejocote localizado en Puebla, b) realizar observaciones sobre su comportamiento de desplazamiento, alimentación y cópula, c) evaluar la atracción de adultos hacia diversas fuentes de olores y d) evaluar la preferencia para oviposición en diferentes genotipos de *Crataegus* y con relación a características fenológicas del fruto.

## **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.2.1. Identificación de la especie y determinación del sexo**

La identificación se realizó con base en características morfológicas externas y de la genitalia masculina, utilizando las claves publicadas por Kissinger (1964) y por Schoof (1942). También se compararon biología y hábitos del insecto en la zona de estudio, con los descritos por Slingerland (1898) y Wellhouse (1922) para la probable especie.

La determinación de la especie fue realizada por un especialista<sup>1</sup> en Curculionidae.

Para poder realizar pruebas de atracción, en las que el sexo del insecto sería un factor a considerar, fue necesario identificar características que permitieran diferenciar hembras de machos sin destruir los especímenes. Para ello, los adultos mantenidos en laboratorio fueron separados al observarse en cópula, para luego determinar características morfológicas externas distintivas de cada sexo. Posteriormente, se extrajo la genitalia a cinco parejas para corroborar el sexo de cada individuo.

### **3.2.2. Observaciones sobre comportamiento**

#### **3.2.2.1. Actividad de los adultos**

Con la finalidad de determinar las condiciones necesarias para las pruebas de atracción, se realizaron observaciones sobre el comportamiento de los adultos, primero en laboratorio y luego en campo. Las observaciones de laboratorio se realizaron en adultos colectados en junio de 2007 en Tlalancaleca, estafo de Puebla; las de campo, en árboles silvestres ubicados en la ciudad de Puebla, en el mismo mes. Éstas últimas consistieron en localizar adultos en los árboles y observarlos de manera continua en las horas de mayor actividad y por lapsos de 5 min cada dos horas el resto del día, durante dos fines de semana. Se registró la variación de la temperatura y la humedad relativa en los períodos de mayor actividad.

<sup>1</sup> M.C. Raúl Muñoz Vélez (Instituto Politécnico Nacional: Facultad de Ciencias Biológicas).

### **3.2.2.2. Localización de adultos en la copa**

Para determinar los sitios del árbol donde comúnmente se localizan los adultos, se realizó un muestreo en la parte baja de la copa (a 2.5 m de altura ó menos) de nueve árboles silvestres de tejocote. Se registró el lado de la copa (norte, sur, oriente o poniente) y parte (rama, hoja o fruto), donde se encontró cada insecto. Las proporciones de adultos capturados en cada posición cardinal ó en cada parte del árbol fueron comparadas por pares mediante la prueba de Z para proporciones binomiales, descrita por Infante-Gil y Zárate de Lara (1990).

Como previamente se había observado que los adultos se encuentran en reposo o mínima actividad durante el día, el muestreo se llevó a cabo entre las 10 y 17 horas. Éste se realizó en junio de 2007, en Tlalancaleca, Puebla.

### **3.2.3. Experimento de atracción**

Se evaluó la atracción de adultos del picudo hacia las siguientes fuentes de olores: ramas, hojas, frutos, hembras, machos, frutos con orificios hechos artificialmente (10 por fruto), frutos con hembras y frutos con machos. Los insectos utilizados se colectaron en árboles de Tlalancaleca, Puebla; fueron separados por sexo al día siguiente y se mantuvieron en una cámara de cría a  $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de 70-90 % y fotoperiodo de 14: 10 h (luz: oscuridad) hasta su uso, alimentados con frutos de tejocote y agua destilada. Se consideró que ya habían copulado al momento de las pruebas, en las cuales se utilizaron tres veces como máximo.

Las pruebas se realizaron en olfatómetros de doble vía colocados en posición invertida sobre una estructura de madera. Un olfatómetro se conformó de un matraz central de cuatro litros, con dos vías laterales en su base, a las cuales se acoplaron matraces quitasato de 150 ml. En un matraz de 150 ml se colocó la fuente de olor (25 g de ramas o frutos, 6 g de hojas y/o 15

adultos del sexo correspondiente), mientras que el otro se dejó vacío. Las ramas se cortaron en trozos de aproximadamente 4 cm de longitud y 4-7 mm de diámetro; los frutos usados tenían un diámetro de 14-22 mm; las hojas tenían una madurez intermedia. Cuando la fuente de olor correspondió a insectos solos, éstos se colocaron en bolsas de tul para evitar que se movieran hacia el matraz central.

Los olfatómetros fueron inicialmente lavados con jabón libre de fosfatos, agua destilada, alcohol etílico y acetona; posteriormente, se repitió el mismo procedimiento para los matraces pequeños, mientras que los de cuatro litros solo fueron limpiados con alcohol y acetona antes de cada prueba y lavados por completo cada cuatro repeticiones.

El experimento se realizó durante junio y julio de 2007, en el laboratorio de Ecología Química del Colegio de Postgraduados, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones; los factores fueron la fuente de atracción y el sexo de los adultos a responder. El material vegetal utilizado se obtuvo de los genotipos establecidos en el Banco de Germoplasma de tejocote de la Universidad Autónoma Chapingo, libre de picudo.

En cada repetición se colocaron 15 adultos del sexo a responder en el matraz de 4 L, cubriendo enseguida la boca del mismo con tela de tul. Posteriormente, se inyectó aire con un flujo de  $300 \text{ ml min}^{-1}$  en cada matraz lateral, el cual fue impulsado por bombas de pecera mediante mangueras de plástico, usando como filtros dos cartuchos empacados con absorbente Tenax®, colocados en los puntos de entrada de aire a los matraces laterales. La luz fue proporcionada por una lámpara de 10 W cuya intensidad se redujo al mínimo con el apoyo de un *dimmer*.

Los olfatómetros permanecieron en las condiciones descritas de las 20:00 a las 7:00 horas del día siguiente, período durante el cual se mantuvo en funcionamiento un extractor de aire para

evacuar los volátiles del cuarto. La variable respuesta registrada fue la cantidad neta de insectos atraídos hacia el tratamiento (diferencia entre el número de insectos encontrados en el matraz con la fuente de atracción y los encontrados en el blanco). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y una comparación de medias múltiple del factor que resultó significativo ( $P \leq 0.05$ ), mediante el procedimiento GLM del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004).

#### **3.2.4. Experimento de preferencia para oviposición**

Este experimento se realizó para determinar la preferencia de hembras adultas para ovipositar en frutos de ocho genotipos de tejocote (libres de picudo) del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo: 66, 83 (precoces) 86, 48, Pecoso de Huejotzingo, 12 (intermedios), 6 y 42 (tardíos); los datos de identificación de los mismos se encuentran en el Cuadro 1 del Capítulo 2. Los frutos fueron clasificados en cuatro clases de tamaño según su diámetro:  $\leq 16$  mm, 17-21 mm, 22-26 mm y  $\geq 27$  mm.

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones. Una repetición estuvo compuesta de 20 frutos (uno de cada clase de tamaño de cada genotipo), los cuales se colocaron dentro de jaulas de malla de alambre cubiertas con tul. En cada jaula, se liberaron 20 hembras copuladas, las cuales habían sido colectadas 20-35 días antes de las pruebas y mantenidas en las condiciones descritas en párrafos anteriores, junto con los machos. Las jaulas se mantuvieron durante 40 horas (de las 17:00 del día del establecimiento a las 9:00 del tercer día) en una cámara de cría a  $24 \pm 1^\circ\text{C}$ , humedad relativa de 70-90 % y fotoperiodo de 14: 10 h (luz: oscuridad). Posteriormente, se registró la cantidad de huevecillos en cada fruto y el diámetro de este último.

Para los análisis estadísticos, los frutos se clasificaron en cuatro clases según el número de huevecillos: 1: cero huevos, 2: 1 ó 2, 3: 3 ó 4 y 4: 5 ó más. Los datos fueron analizados mediante pruebas de contrastes entre genotipos, clases de tamaño, clases de época de maduración de frutos y clases de grado de madurez, para lo cual se utilizaron modelos logísticos acumulativos; estos análisis se realizaron con el procedimiento GENMOD (distribución multinomial y función de enlace logit acumulativa) del programa estadístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004).

Adicionalmente, se seleccionaron al azar cuatro repeticiones; a cada fruto de éstas se le midió la resistencia a la penetración y el contenido de azúcares. La resistencia a la penetración se midió con un penetrómetro Compact Gauge 200 N<sup>®</sup> (MECMESIN CE) y el contenido de azúcares con un refractómetro Atago 100<sup>®</sup>. Las cuatro variables (diámetro, resistencia a la penetración, contenido de azúcares y cantidad de huevos) fueron sometidas a un análisis de correlación.

### **3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.3.1. Identificación de la especie y determinación del sexo**

El picudo del tejocote se identificó como *Conotrachelus crataegi* Walsh (1864), coincidiendo con la determinación del especialista en Curculionidae.

Con respecto a la determinación del sexo, las hembras se caracterizan por ser generalmente más robustas que los machos, pero de movimientos más lentos. Los machos presentan una zona blanquecina en forma de V invertida, claramente definida, en la región dorsal del pronoto; los élitros también presentan pubescencia blanca mezclada con café claro. En las hembras, el color café es más uniforme en todo el cuerpo y la banda en forma de V del pronoto es poco perceptible. La región ventral del tórax y segmentos abdominales, así como aproximadamente

dos tercios de la longitud de los fémures, presentan zonas blanquecinas en los machos, mientras que en las hembras son de un color café a café rojizo.

### **3.3.2. Observaciones sobre comportamiento**

#### **3.3.2.1. Actividad de los adultos**

En las jaulas, se observó que la mayor actividad de los adultos es durante las primeras horas de la noche. Esto se verificó en campo, determinándose que ocurre entre las 20:00 y las 23:00 horas. La oscuridad inicia en verano a las 8:30 en la zona de estudio, de manera que la intensidad luminosa es un factor relevante en el comportamiento de *C. crataegi*. Similarmente, la actividad del picudo del ciruelo (*C. nenuphar*) es más intensa entre las 18:00 y las 00:00 horas (Chouinard *et al.*, 1993).

La actividad nocturna del picudo del ciruelo está determinada principalmente por la temperatura (Chouinard *et al.*, 2002), lo cual podría estar ocurriendo también con *C. crataegi*, ya que el lapso mencionado es el de las horas más cálidas de la noche, con una temperatura descendiendo de 19 a 16 °C y una humedad relativa aumentando de 60 a 80 %, en promedio.

La actividad consistió principalmente en caminata para buscar un nuevo fruto. Tal búsqueda consistió en un recorrido de las ramas en ambos sentidos, explorando las ramillas y los racimos de frutos, hasta que el insecto encontró alguno adecuado para su consumo. Posteriormente, permaneció sobre el mismo o en el follaje circundante hasta el día siguiente a la misma hora, cuando buscó otro, generalmente de la misma rama. Al alimentarse, prefirieron la mitad basal del fruto, donde se tocan dos o tres de ellos.

La alimentación ocurrió por lapsos de 15 a 25 min seguidos por períodos de descanso, aunque después de movimiento intenso los lapsos de alimentación se extendieron hasta 40 min. En los reposos interalimentarios se ocultaron entre las hojas, en las axilas de pecíolos y pedúnculos o permanecieron sobre el fruto. Entre las 20 y 23 horas, se observaron de dos a tres lapsos de alimentación.

La cópula ocurrió sobre los frutos o cerca de ellos, iniciando al final del lapso de mayor actividad y extendiéndose en ocasiones hasta las dos de la madrugada. Ésta ocurrió inmediatamente después de que el macho encontró a la hembra, al parecer sin un cortejo previo. El macho permaneció sobre la hembra por dos horas o más. Al principio, la hembra caminó sobre los frutos y el follaje circundante por unos minutos; luego, permanecieron en reposo, generalmente sobre los frutos, el resto del tiempo. La actividad nocturna del picudo del ciruelo es también principalmente la caminata y la alimentación (Chouinard *et al.*, 1993), pero, a diferencia del picudo del tejocote, copula con mayor frecuencia en la tarde.

El tiempo de duración relativamente largo de la cópula en *C. crataegi*, sugiere la presencia de un mecanismo de selección sexual (Thornhill, 1979). Las cópulas son prolongadas cuando los machos no pueden remover el esperma de la espermateca, teniendo una función similar a la de un cortejo copulatorio (Uhía y Cordero, 2005); un caso de este tipo es el del escarabajo del eucalipto (*Gonipterus scutellatus*, Coleoptera: Curculionidae), cuya cópula puede durar desde una hora hasta más de dos días (Carbone y Rivera, 1998).

El desplazamiento del picudo del tejocote fue exclusivamente mediante caminata. En las jaulas, se llegaron a observar vuelos de una pared a otra, durante las horas de mayor actividad; de igual forma, al manipular los adultos en ocasiones ejecutaron vuelos cortos; sin embargo, en



campo no se observó tal comportamiento. Esto sugiere que el vuelo podría estar relacionado con la densidad poblacional, pues en los árboles la densidad de adultos era baja, mientras que en laboratorio se tenía un promedio de 80 adultos por jaula.

En contraste con el picudo del tejocote, el picudo del ciruelo sí realiza vuelos en campo (Chouinard *et al.*, 1993, Owens *et al.*, 1982), aunque su movimiento dentro de un mismo árbol es principalmente mediante caminata (Chouinard *et al.*, 1993). Las diferencias entre ambas especies pueden atribuirse a la biología propia de cada una: *C. nenuphar* emigra hacia bosques cercanos a los huertos de hospederos para invernar como adulto y regresa durante la primavera (Lafleur y Hill, 1987), mientras que *C. crataegi* inverna como larva en el suelo de los mismos huertos. De esta forma, el primero está obligado a usar el mecanismo de vuelo, a diferencia del segundo, que está localizado muy cerca del hospedero. El hecho de que *C. crataegi* utilice el mecanismo del vuelo en condiciones de hacinamiento, sugiere su empleo como medio para desplazarse de un árbol a otro cuando la densidad poblacional es alta.

Otra conducta que mostraron los adultos de *C. crataegi*, fue el dejarse caer y permanecer inmóviles por unos instantes, al igual que lo hacen muchos otros curculiónidos (Muñiz, 1960, Owens *et al.*, 1982). Esta conducta, también reportada para *C. crataegi* por Slingerland (1898), se observó solo cuando fueron disturbados, a diferencia de *C. nenuphar*, donde ocurre de manera natural (Owens *et al.*, 1982).

Durante el día, los picudos se observaron en reposo la mayor parte del tiempo, con lapsos de mínima actividad (alimentación o desplazamientos cortos) tanto en jaulas como en campo; en laboratorio, se observó apareamiento entre las 8:00 y 10:30, aunque con menor frecuencia que en la noche. Similarmente, la actividad diurna de *C. nenuphar* es también baja, ya que un 45 % del

tiempo lo utiliza para descansar (Owens, *et al.*, 1982).

El comportamiento de *C. crataegi* descrito anteriormente fue observado en frutos de tamaño canica (17-25 mm de diámetro), pero podría variar en otras etapas fenológicas, como ocurre, según (Chouinard *et al.*, 1993), con la actividad de *C. nenuphar*.

### **3.3.2.2. Localización de adultos en la copa**

Las mayores proporciones de adultos se localizaron en los lados poniente y norte de la copa de los árboles. Éstas fueron significativamente mayores con respecto al oriente, pero no difirieron de la proporción al sur (Figura 1a).

Es probable que la distribución anterior tenga relación con la temperatura en los diferentes lados de la copa, pues el oriente es el que se encuentra menos expuesto a la radiación solar durante las últimas horas de luz, las cuales coinciden con el inicio de la actividad de adultos. La hipótesis anterior es apoyado por la relación de la temperatura con la actividad de adultos del picudo del ciruelo, determinada por Chouinard *et al.* (2002).

Por otra parte, en un estudio realizado por Stork *et al.* (2001) sobre la distribución de diversas especies de escarabajos en las copas de encinos, se encontró una tendencia a preferir el lado sur. Esto, sin embargo, varió con la estacionalidad, habiendo preferencia por el lado norte en mayo y principios de junio en una de las especies evaluadas. Ellos coinciden en su explicación de que tal distribución puede estar relacionada con la mayor temperatura, propiciada en su caso por el ángulo de incidencia de la radiación solar hacia el sur y señalan que el cambio estacional hacia una mayor preferencia por el lado norte puede ser propiciado por la necesidad de buscar sitios más frescos y oscuros, considerando el régimen de luz y calor de los meses señalados.

Con respecto a la parte del árbol donde se localizan los adultos del picudo del tejocote, el que mostró una mayor proporción fue el fruto (Figura 1b), presentándose proporciones muy bajas de preferencia por ramas y hojas. El fruto es la fuente de alimentación tanto de adultos como de larvas, y el único órgano del árbol donde las hembras pueden ovipositar; la cópula también ocurre sobre o cerca de los racimos de frutos, lo cual explica la estrecha relación de los adultos con los mismos, aún para el reposo. Slingerland (1898), menciona que la alimentación de adultos de *C. crataegi* podría extenderse a las hojas, sin embargo, durante el tiempo que duró este estudio, no se observó esa conducta.

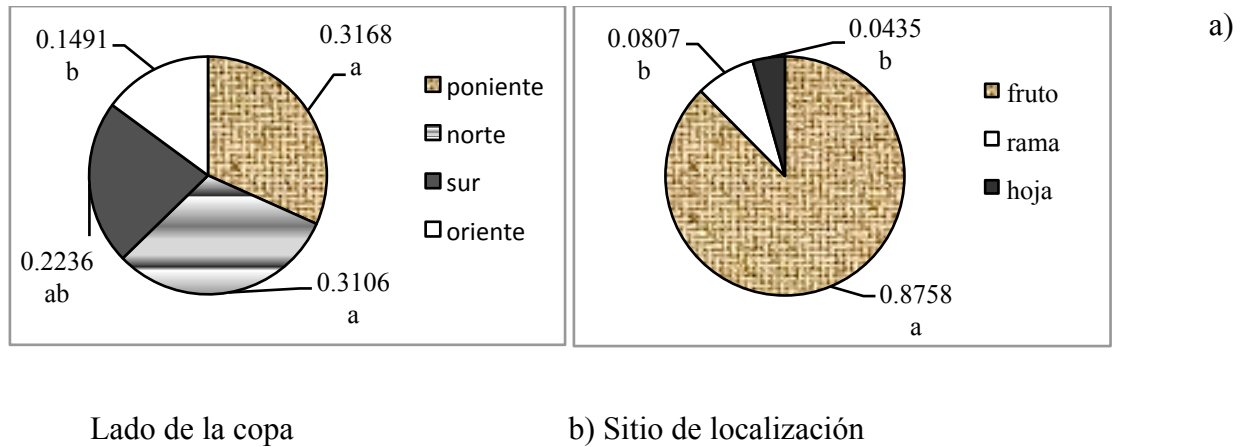


Figura 1. Comparación de proporciones de adultos del picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) según su localización en el árbol (Tlalancaleca, Puebla, 2007). Proporciones con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) según la prueba de Z para proporciones binomiales.

### 3.3.3. Experimento de atracción

De acuerdo con el análisis de varianza, hubo efectos debidos a la fuente de atracción ( $P < .0001$ ); el sexo no fue factor significativo, pues hembras y machos fueron igualmente atraídos hacia las fuentes evaluadas ( $P = 0.4635$ ) y la interacción entre sexo y fuente de atracción tampoco tuvo efectos significativos ( $P = 0.8365$ ).

La Figura 2 muestra la comparación de medias de la cantidad neta de insectos atraídos; para mayor claridad, los datos se presentan en forma de porcentaje con respecto al total de individuos liberados. Se observa que la mejor fuente de atracción fue el fruto con orificios artificiales, aunque su efecto fue estadísticamente igual a la combinación de frutos con insectos o frutos solos.

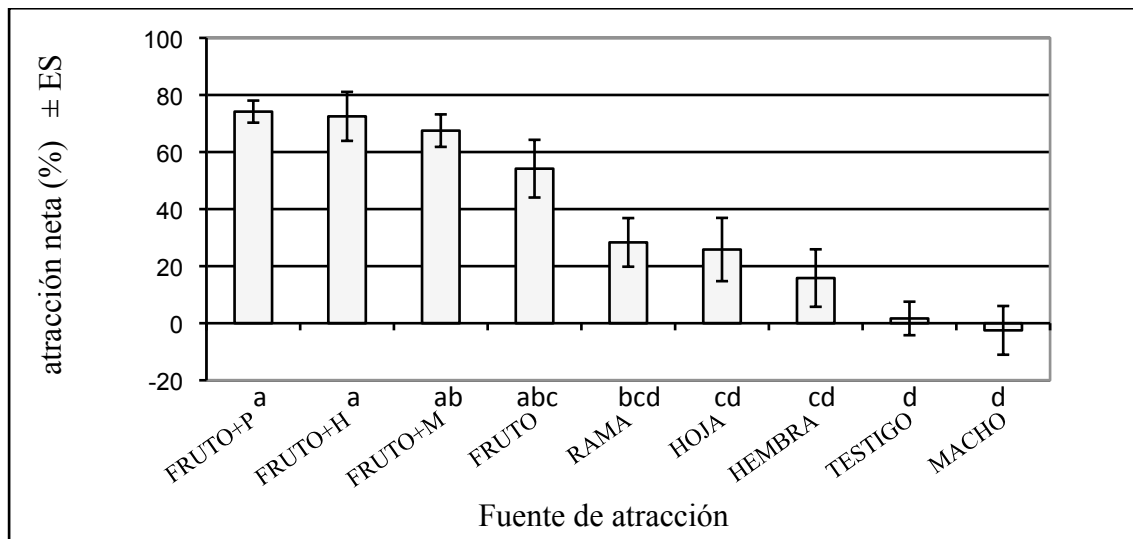


Figura 2. Comparación de medias del porcentaje neto de adultos del picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) atraídos hacia diferentes fuentes de volátiles. Atracción neta = (No. de insectos en el tratamiento – No. de insectos en el blanco) 100/ 15. Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). ES: error estándar. Fruto + P: fruto con orificios artificiales, Fruto + H: fruto más hembras, Fruto + M: fruto más machos.

Los resultados anteriores sugieren que los adultos del picudo del tejocote son estimulados por olores liberados por el fruto intacto y que el efecto atrayente aumenta debido a compuestos que se liberan del interior del mismo al sufrir algún tipo de herida. Leskey y Prokopy (2000) también encontraron como principal estímulo atrayente de ambos sexos de *C. nenuphar* al fruto, tanto intacto como con orificios artificiales.

El fruto es la fuente de alimentación de adultos y de larvas del picudo del tejocote y el único órgano donde ocurre la oviposición. Es también el principal sitio de reposo de los adultos y la cópula ocurre sobre o cerca de él. Lo anterior podría explicar la mayor atracción de adultos hacia los frutos con relación al resto de las fuentes evaluadas.

Como ni hembras ni machos mostraron atracción diferente a la del testigo, es plausible suponer que la mayor atracción (no significativa) de frutos con adultos contra frutos solos se debe a un estímulo adicional generado por las heridas producto de la alimentación, más que a algún compuesto liberado por los insectos. Con relación a lo anterior, Butkewich *et al.* (1987) reportan mayor atracción de adultos de *C. nenuphar* hacia frutos con heridas (de ovipostura y artificiales) que hacia frutos limpios, aunque la oviposición fue menos frecuente en los primeros.

Las ramas son la segunda zona preferida por los adultos para el reposo diurno y durante los lapsos interalimentarios; ésta es la razón más probable que podría explicar su ligera superioridad en atracción con respecto al testigo.

Aunque por si solas, ni ramas ni hojas tuvieron atracción significativamente diferente a la del testigo, sería conveniente evaluarlas en combinación con el fruto, para determinar si existe algún efecto de interacción.

#### **3.3.4. Experimento de preferencia para oviposición**

Los genotipos 86, 48 y Pecoso de Huejotzingo (PH) fueron preferidos para oviposición, mientras que el 6, el 42 y el 66 mostraron las menores proporciones de frutos infestados en todas las categorías (Figura 3).

Los genotipos intermedios (86, 48, PH y 12) fueron más infestados que los precoces (83 y 66) y éstos a su vez más que los tardíos (42 y 6) (Figura 4). Lo anterior sugiere una relación de la

preferencia para oviposición con la fenología del fruto, pues los frutos de genotipos intermedios se encontraban en pleno desarrollo al momento de la evaluación, eran de tamaño grande y aún no iniciaba su maduración, en contraste con los de genotipos tardíos, de tamaño muy pequeño, y los precoces, cuyas clases de mayor tamaño contenían frutos semimaduros. Así, tanto la dureza como el tamaño y grado de madurez de los frutos, factores dependientes de la fenología, influyeron en la preferencia de oviposición. Similarmente, *C. nenuphar* oviposita más frecuentemente en frutos de arándano de cultivares tempranos e intermedios que en los de cultivares tardíos (Polavarapu *et al.*, 2004).

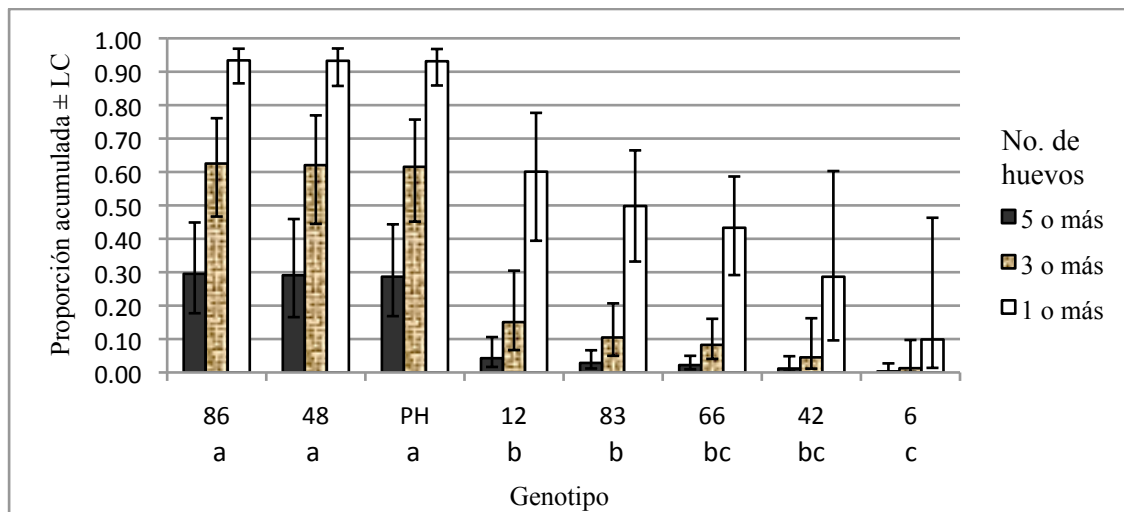


Figura 3. Comparación de proporciones acumuladas de frutos infestados por huevecillos de *Conotrachelus crategi* en ocho genotipos de tejocote (*Crataegus* spp.). Proporciones con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). Nota: el genotipo 6 no presentó infestación, sin embargo se consideró un fruto como infestado con un huevo para fines del análisis estadístico.

Con respecto al tamaño de fruto, las clases de diámetro más grande mostraron mayores proporciones de infestación (Figura 6). Sin embargo, el análisis de correlación mostró a la dureza

del fruto como un factor más importante que el tamaño (Cuadro 1). La participación de ambos factores (dureza y tamaño) se debe probablemente a que están muy correlacionados.

El aumento en el grado de madurez del fruto, por su parte, influyó negativamente en la preferencia para oviposición (Figura 5, Cuadro 1).

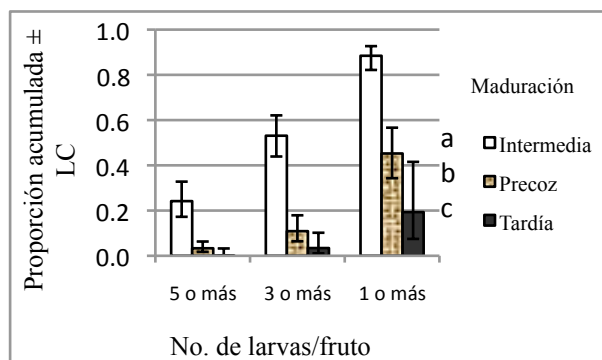


Figura 4. Comparación de proporciones de frutos ovipositados por picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) con relación a la época de maduración de los genotipos. Proporciones con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

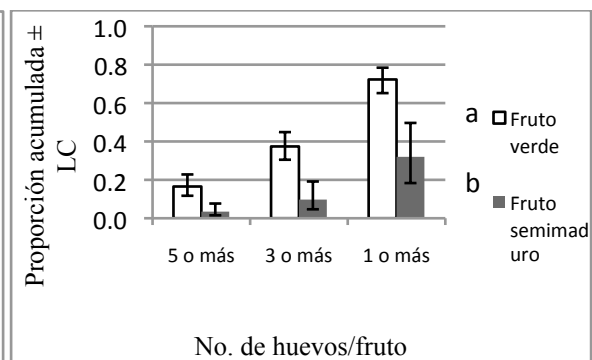


Figura 5. Comparación de proporciones de frutos ovipositados por picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) según el grado de maduración del fruto. Proporciones con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Varias hipótesis podrían establecerse tratando de explicar la influencia de los factores evaluados sobre la preferencia del picudo del tejocote para oviposición: 1) una mayor superficie expuesta para oviposición y/o para alimentación en frutos grandes, 2) al ovipositar en frutos inmaduros las hembras aseguran el desarrollo completo de las larvas, 3) los frutos grandes liberan una mayor cantidad de compuestos atrayentes, 4) el picudo sufrió una adaptación evolutiva que lo capacitó para ovipositar en frutos duros y 5) hay una influencia inicial de la etapa fenológica del fruto y una posterior de la intensidad de alimentación o de oviposición.

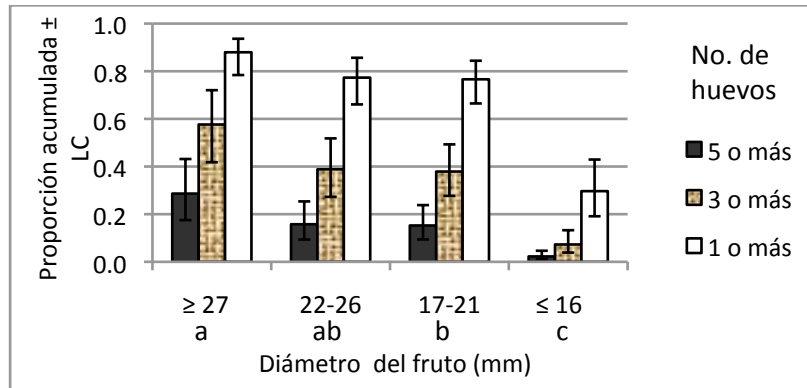


Figura 6. Influencia del tamaño de fruto en la preferencia del picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) para oviposición. Proporciones con distinta letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 1. Análisis de correlación de cuatro variables evaluadas en el experimento de preferencia del picudo (*Conotrachelus crataegi*) del tejocote (*Crataegus* spp.) para oviposición (n=80).

	Diámetro	Resistencia a la penetración	Contenido de azúcares	No. de huevos
Diámetro	1.0000	0.6907**	0.0153 <sup>ns</sup>	0.4536**
Resistencia a la penetración		1.0000	0.4612**	0.5927**
Contenido de azúcares			1.0000	-0.3984**
No. de huevos				1.0000

ns: no significativo; \* significativo ( $\alpha=0.05$ ); \*\* altamente significativo ( $\alpha=0.01$ ).

La influencia del tamaño de fruto en la atracción u oviposición de insectos ha sido señalada en especies de tefritidos (Prokopy, 1972; Reissig, *et al.* 1990; Villa y Arzuffi, 2004) y se ha relacionado principalmente con la presencia de feromona de marcaje. En el caso de *C. crataegi*, es más probable que frutos de mayor tamaño signifiquen una mayor disponibilidad de alimento y/o de superficie para oviposición, pues no se observó un patrón de distribución uniforme de los huevos (lo que podría sugerir un marcaje).



La hipótesis acerca de la cantidad de compuestos atrayentes, es apoyada por el estudio realizado por Butewich *et al.* (1987), en *C. nenuphar*, en el que se reporta una variación en la atracción de adultos hacia olores de frutos de manzana, relacionada con la etapa fenológica de los mismos. También se han reportado cambios cualitativos y cuantitativos de compuestos volátiles atrayentes de *R. pomonella*, dependientes de la fenología, en frutos de manzana (Carlé *et al.* 1987).

La influencia mostrada por la dureza del fruto podría tener una explicación evolutiva. Tanto *C. crataegi* (Maier, 1980) como *R. pomonella* (White y Elson-Harris, 1992) tienen como hospedero original al tejocote y, en ambos casos, el desarrollo larval ocurre en el interior del fruto. Sin embargo, en contraste con el picudo, la caída de la resistencia a la penetración es el principal factor que determina la susceptibilidad de los frutos a la oviposición por *R. pomonella* (Messina y Jones, 1990). Lo anterior sugiere que la preferencia del picudo del tejocote para ovipositar en los frutos de mayor dureza, pudo haber surgido como adaptación evolutiva debido a la competencia interespecífica con *R. pomonella*.

La hipótesis relacionada con un aumento en la atracción de adultos propiciado inicialmente por el tamaño y posteriormente por la alimentación u ovipostura, surge por la similitud con resultados mostrados por Butkewich *et al.*, (1987), quien afirma que los adultos de *C. nenuphar* son más atraídos hacia frutos con heridas de alimentación y ovipostura. Así, frutos inicialmente atractivos para adultos del picudo del tejocote, por su tamaño grande, podrían tener más probabilidad de ser consumidos u ovipositados primero, sufriendo más heridas, lo que propiciaría una mayor atracción de hembras grávidas que hacia frutos pequeños.

### 3.4. CONCLUSIONES

El picudo del tejocote presente en el estado de Puebla, pertenece a la especie *Conotrachelus crataegi* Walsh (1864). Es posible determinar el sexo de los adultos de dicha especie sin destruir los ejemplares, con base en las diferencias en el color de la pubescencia, así como en la robustez del cuerpo y en la agilidad de los movimientos: los machos presentan una banda blanca en forma de V invertida en el protórax, claramente definida, más pubescencia blanca que las hembras en el resto del cuerpo y son menos robustos y más rápidos para moverse que éstas últimas.

La mayor actividad de adultos del picudo del tejocote ocurre entre las 20:00 y 23:00 horas, consistiendo principalmente en caminata, alimentación y cópula; la actividad diurna es mínima.

Los adultos se localizan en mayor proporción en los lados poniente, norte y sur de la copa de los árboles; su principal sitio de reposo es el fruto.

El fruto tanto intacto como con orificios artificiales o con insectos alimentándose, fue la mejor fuente de atracción para adultos de ambos sexos de *Conotrachelus crataegi*.

Los genotipos intermedios fueron los más preferidos para oviposición, seguidos por los precoces, mientras que los tardíos presentaron tasas de oviposición muy bajas. El factor que más influyó en la preferencia para oviposición fue la dureza del fruto, siendo más elegibles frutos con una resistencia a la penetración más alta.

### 3.5. LITERATURA CITADA

- Butkewich, S., R. J. Prokopy and T. A. Green. 1987. Discrimination of occupied host fruit by plum curculio females (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Chemical Ecology* 13(8): 1833-1841.
- Carbone, S. S. and A. C. Rivera. 1998. Sperm competition, cryptic female choice and prolonged mating in the *Eucalyptus* snout-beetle, *Coniapterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Etología* 6: 33-40.
- Carlé, S. A., A. L. Averill, G. S. Rule, W. H. Reissig and W. L. Roelofs. 1987. Variation in host fruit volatiles attractive to apple maggot fly, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology* 13(4): 795-805.
- Chouinard, G, B. H. Stuart and Ch. Vincent. 1993. Spring behavior of the plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) within caged dwarf apple trees. *Annals of the Entomological Society of America* 86(3): 333-340.
- Chouinard, G., D. Cormier, and G. Burgeois. 2002. A temperature dependent model describing nocturnal activity of plum curculio in apple trees following bloom. *Acta Horticulturae* 584: 201-205.
- García, R. M. J. y R. Osorio O. 2000. El uso de semioquímicos en el control de plagas de hortalizas. pp. 76-82. *In: Temas Selectos en Fitosanidad y Producción de Hortalizas*. Bautista M. N., A. D. Suárez V. y O. Morales G. (eds.). Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. México.
- González, G. E., J. S. Padilla R., L. Reyes M., M. A. Perales C. y F. Esquivel V. 2002. Guayaba, su Cultivo en México. Libro técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México. 182 p.
- Higareda, R. A., M. J. A. Salazar y R. G. E. Ramos. 1995. Caracterización de la pectina del tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4: 155-157.
- Higareda, R. A., E. A. O. Prado, M. J. A. Salazar, R. G. E. Ramos y D. M. Rosales. 1995a. El concentrado comercial de pectina de la pulpa de tejocote. *Revista Chapingo (Serie Horticultura)* 4:47-52.
- Infante-Gil, S. y P. Zárate de Lara. 1990. *Métodos Estadísticos, un Enfoque Interdisciplinario*. 8ª reimpresión (2005). Ed. Trillas. México. pp. 353-400.
- Kissinger, D. G. 1964. Curculionidae of America North of Mexico, a key to the genera. *Taxonomic Publications*. South Lancaster, Massachusetts. pp. 8-64.

- Leskey, T. C. and R. J. Prokopy. 2000. Sources of Apple odor attractive to adult plum curculios. *Journal of Chemical Ecology* 26(3): 639-653.
- Lafleur, G. y S. B. Hill. 1987. Spring migration, within-orchard dispersal, and apple-tree preference of plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) in Southern Quebec. *Journal of Economic Entomology* 80(6): 1173-1187.
- Maier, C. 1980. Quince curculio, *Conotrachelus crataegi* Walsh (Coleoptera: Curculionidae), developing in apple, a new host, in southern New England. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 82(1): 59-62.
- Messina, F. J. and V. P. Jones. 1990. Relationship between fruit phenology and infestation by the apple maggot (Diptera: Tephritidae) in Utah. *Annals of the Entomological Society of America* 83(4): 742-752.
- Muñiz, V. R. 1960. *Copturus aguacatae* Kissinger plaga del aguacatero (*Persea gratissima* Gaertn) en México (Coleoptera: Curculionidae: Zigopinae). *Fitofilo* 26: 5-48.
- Nieto, A. R. y M. W. Borys. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México: avances en el estudio de los recursos fitogenéticos en México. Ortega, P. R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (editores). *Sociedad Mexicana de Fitogenética*, A. C. (SOMEFI), Chapingo, México. pp. 309-324.
- Owens, E. D., K. I. Hauschild, G. L. Hubbell and R. J. Prokopy. 1982. Diurnal behavior of plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) adults within host trees in nature. *Annals of the Entomological Society of America* 75: 357-362.
- Polavarapu, S., V. Kyryczenko-Roth, and J. D. Barry. 2004. Phenology and infestation patterns of plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) on four highbush blueberry cultivars. *Journal of Economic Entomology* 97(6): 1899-1905.
- Prokopy, R. J. 1972. Evidence for a marking pheromone deterring repeated oviposition in apple maggot flies. *Environmental Entomology* 1(3): 326-332.
- Reissig, W. H., S. K. Brown, R. C. Lamb and J. N. Cummins. 1990. Laboratory and field studies of resistance of crab apple clones to *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology* 19(3): 565-572.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2005. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), SAGARPA: Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP). México.
- SAS (SAS Institute Inc.). 2004. SAS/STAT<sup>®</sup> 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.

- Schoof, H. F. 1942. The genus *Conotrachelus* Dejean (Coleoptera: Curculionidae) in the North Central United States. Contribution from the Entomological Laboratories of the University of Illinois No. 223. The University of Illinois Press, Urbana. 170 p.
- Slingerland, M. V. 1898. The quince curculio. Bulletin 148. Cornell University Agricultural Station. Ithaca, N. Y. pp. 693-715.
- Stork, N. E., P. M. Hammond, B. L. Russel, and W. L. Hadwen. 2001. The spatial distribution of beetles within the canopies of oak trees in Richmond Park, U. K. *Ecological Entomology*. 26: 302-311.
- Thornhill, R. 1979. Male and female sexual selection and the evolution of mating strategies in insects. pp. 81-122. *In: Sexual selection and reproductive competition in insects*. Blum, M. S. and N. A. Blum (eds.). Academic Press, Inc. New York, USA.
- Uhía, E. and A. Cordero R. 2005. Male damselflies detect female mating status: importance for postcopulatory sexual selection. *Animal Behavior* 69(4): 797-804.
- Villa, P. y R. Arzuffi. 2004. Preferencia de tamaño, color y forma en la selección de hospedero por *Toxotripa curvicauda* (Diptera: Tephritidae). pp. 174-176. *In: Entomología Mexicana Vol. 3*. Morales, M. A., M. Ibarra G., A. Rivera G. y S. Standfor C. (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología.
- Wellhouse, W. H. 1922. The insect fauna of the genus *Crataegus*. Doctor of Philosophy Thesis. Reimpreso de: Cornell University Agricultural Station Memoir 56. Ithaca, N. Y. pp. 1045-1136.
- White, I. M. and M. M. Elson-Harris. 1992. *Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics*. CAB International and ACIAR (The Australian Centre for International Agricultural Research). Redwood Press LTD, Melkshan. United Kingdom. pp. 352-378.

## **CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES GENERALES**

### **4.1. MOSCA DE LA FRUTA**

La asincronía entre la fenología de los genotipos de *Crataegus* y el desarrollo de *Rhagoletis pomonella* es un factor determinante en los niveles de infestación de frutos de tejocote por larvas del mismo insecto, permitiendo que los genotipos tardíos no sean afectados por dicha plaga.

Hubo diferencias entre los niveles de infestación por larvas tanto en el grupo de genotipos precoces como en el de intermedios, lo cual sugiere resistencia en algunos de ellos, especialmente en los intermedios 22, 97, 13 y 86.

Se encontraron evidencias acerca de la influencia del tamaño del fruto, al igual que de la presencia y abundancia de compuestos volátiles del mismo, sobre los niveles de infestación por larvas de *R. pomonella*; en contraste, no hubo diferencias en dichos niveles relacionadas con el color del fruto.

### **4.2. PICUDO DEL TEJOCOTE**

El picudo del tejocote presente en el estado de Puebla, pertenece a la especie *Conotrachelus crataegi* Walsh (1864). Los adultos del mismo son más activos entre las 20:00 y 23:00 horas, realizando caminata, alimentación y cópula en ese lapso; su actividad diurna es mínima.

Los resultados de los bioensayos de laboratorio, indicaron tres fuentes de atracción de adultos de ambos sexos: el fruto con orificios artificiales, el fruto con insectos alimentándose y el fruto sólo; la mejor fue la primera.

Hubo diferencias en la preferencia para oviposición, determinadas por la estacionalidad de los genotipos: los intermedios fueron los más preferidos, mientras que los tardíos presentaron tasas de oviposición muy bajas. El factor que influyó más en tal preferencia fue la dureza, siendo más elegibles frutos con una mayor resistencia a la penetración; el tamaño y grado de madurez de los mismos, también tuvieron relación con los niveles de infestación por huevos.

## APÉNDICE A. GENOTIPOS DE TEJOCOTE



Foto 1.1. Frutos del genotipo 86.



Foto 1.2. Frutos del genotipo 18.

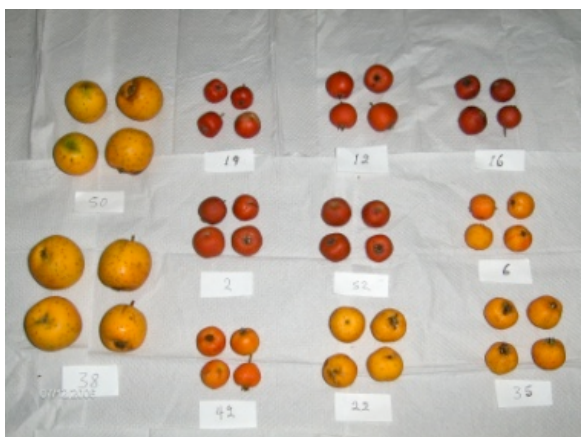


Foto 1.3. Frutos de tejocote de diversos genotipos del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.



Foto 1.4. Frutos de tejocote de diversos genotipos del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.



## APÉNDICE B. DAÑOS POR MOSCA DE LA FRUTA Y PICUDO DEL TEJOCOTE



Foto 2.1. Frutos de tejocote dañados por larvas de *Rhagoletis pomonella*.



Foto 2.2. Fruto de tejocote dañado por larva de *Conotrachelus crataegi*.

## APÉNDICE C. GENITALIA MASCULINA DEL PICUDO DEL TEJOCOTE

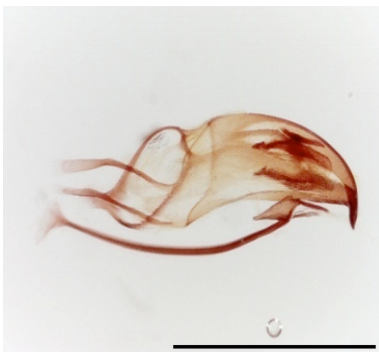


Foto 2.1. Vista laterodorsal.

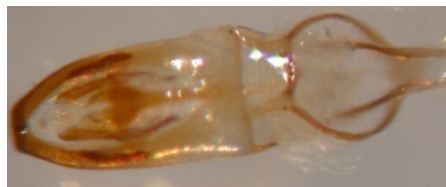


Foto 2.2. Vista dorsal.



Foto 2.3. Espícula.