



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
FACULTAD DE CIENCIAS**

**Detección de tres especies de *Rhagoletis* spp. (Díptera:  
Tephritidae) como plagas de frutales en Zoyatzingo, Mex.**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

**PRESENTA:**

**HIGINIO FRANCISCO ARIAS VELÁZQUEZ**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA SOL ROBLEDI MONTECUBO  
ÁREA DE BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
COMITÉ TUTOR: DRA. NORA ELIZABETH GALINDO MIRANDA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM  
VOCAL: DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM.  
SECRETARIO: DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN  
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
SUPLENTE: DR. GERARDO RIVAS LECHUGA  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM.  
SUPLENTE: DRA. RAQUEL ALATORRE ROSAS  
DEPARTAMENTO FITOSANIDAD, COLEGIO DE POSGRADUADOS

**MÉXICO, D.F., NOVIEMBRE, 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**A mi esposa:**

**Infinitas gracias le doy a Dios por permitirme estar a su lado.**

**Te amo Marisol**

**A mis hijos:**

**Maricha, Yayo y Mara**

**Luz de mi vida, bendiciones del cielo para el ser humano.**

**A mis padres:**

**Consuelo Velázquez Monroy**

**Catarino Arias Leyva**

**Gracias por sus enseñanzas, gracias por enseñarme a vivir. Seguro estoy**

**Que Dios les tiene un lugar especial junto a Él.**

**A mis hermanos:**

**Malena, Chayo, Rodo, Javier, Martha, Gelacio, Gerardo y Bety**

**A Alcohólicos Anónimos:**

**Obra de Dios, la creación de estos grupos que**

**han salvado tantas vidas. Hombres y mujeres  
con**

**voluntad de hierro.**

**A mis sobrinos:**

**Sve Martínez Arias**

**Fito Arias Villavicencio**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincera gratitud y estimación a la Dra. Nora Galindo Miranda por su valiosa participación en la revisión de la tesis.

Agadezco también su gran amistad que ha prevalecido a lo largo de los años. Gracias por ser mi amiga.

Mi más sincero agradecimiento al Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo por darme las facilidades para la culminación del presente trabajo.

A la doctora Raquel Alatorre Rosas, agradezco su tiempo y dedicación en las correcciones del presente trabajo,

Al comité tutorial: Dra. Nora Elizabeth Galindo Miranda

Dra. Rosa Gabriela Castaño Meneses

Dr. Samuel Ramírez Alarcón

Dr. Gerardo Rivas Lechuga

Dra. Raquel Alatorre Rosas

A todos ellos, agradezco su tiempo que dedicaron a esta tesis, gracias por confiar en mi y en el trabajo que parecía no tener el final esperado.

Mi más sincera gratitud a todos los productores y ejidatarios del comunidad de Zoyatzingo Edo. de México por ayuar a los muestreos y por permitir el acceso a sus propiedades donde se llevó a cabo la investigación de la tesis. Gracias por sus enseñanzas porque aprendí de ellos que la sencillez es un aspecto hermoso de la vida.

**“El Hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir.”**

**Albert Einstein (1879-1955)**

# ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
2.1.    La Fruticultura en el Valle de México.....	4
2.2.    Moscas de la fruta .....	8
<b>3. OBJETIVO GENERAL</b> .....	11
3.1.    Objetivos específicos .....	11
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	12
4.1.    Introducción al género <i>Rhagoletis</i> sp.....	12
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
5.1.    Trabajo de Campo .....	15
5.2.    Descripción de la zona de estudio.....	15
5.2.1.    Localización .....	15
5.2.2.    Hidrografía.....	17
5.2.3.    Climatología .....	18
5.2.4.    Flora.....	19
5.2.5.    Fauna silvestre.....	20
5.2.6.    Edafología .....	21
5.2.7.    Orografía.....	22

5.2.8.	Uso de suelo.....	22
5.2.9.	Problemática ambiental .....	23
5.3.	Trampeo de insectos plaga.....	24
5.3.1.	Localización de árboles frutales .....	24
5.3.2.	Descripción y colocación de trampas.....	25
5.3.3.	Recolecta de material .....	27
5.3.4.	Recolecta de frutos.....	29
5.4.	Trabajo de laboratorio.....	30
5.4.1.	Procesamiento de frutos en el laboratorio .....	31
5.4.2.	Cámaras de pupación .....	31
5.4.3.	Mantenimiento de puparios durante el proceso de diapausa.....	33
5.4.4.	Emergencia y Captura de los adultos dentro de las cámaras de pupación.....	33
5.5.	Determinación taxonómica.....	33
5.6.	Parasitoides asociados al género <i>Rhagoletis</i> sp.....	33
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
6.1.	<i>Rhagoletis cingulata</i> – Capulín ( <i>Prunus serotina</i> var. <i>capuli</i> ) .....	36
6.1.1.	Ciclo de vida de <i>R. cingulata</i> (Loew).....	36

6.1.2.	Desarrollo del ciclo de vida de <i>R. cingulata</i> .....	37
6.1.3.	Determinación taxonómica.....	30
6.1.4.	Muestreo en campo con trampas delta .....	39
6.1.5	Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y las larvas.....	44
6.1.6	Emergencia en cámaras de pupación.....	49
6.2	<i>Rhagoletis zoqui</i> – nogal ( <i>Juglans mollis</i> ) .....	55
6.2.1.	Ciclo de vida de <i>R. zoqui</i> (Bush).....	55
6.2.2.	Desarrollo del ciclo de vida de <i>R. zoqui</i> .....	57
6.2.3.	Determinación taxonómica.....	58
6.2.4.	Muestreo en campo con trampas delta .....	58
6.2.5.	Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y las larvas.....	63
6.2.6.	Emergencia en cámaras de pupación.....	68
6.3	<i>Rhagoletis pomonella</i> – tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ) .....	73
6.3.1.	Ciclo de vida de <i>R. pomonella</i> (Walsh).....	73
6.3.2.	Desarrollo del ciclo de vida de <i>R. pomonella</i> .....	74
6.3.3.	Determinación taxonómica.....	74
6.3.4.	Muestreo en campo con trampas delta .....	74

6.3.5.	Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y las larvas.....	79
6.3.6.	Emergencia en cámaras de pupación.....	86
6.4.	Datos complementarios finales y argumentos acerca de la actividad relacionada con los parasitoides asociados a <i>Rhagoletis</i> sp.....	99
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES -</b> .....	<b>102</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>104</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Árbol de nogal ( <i>Juglans mollis</i> Engelm) frutos dañados por <i>Rhagoletis zoqui</i> .....	5
Figura 2.	Árboles de capulín ( <i>Prunus serotina</i> var <i>capuli</i> ).....	6
Figura 3.	Árbol de tejocote ( <i>Crataegus pubescens</i> ).....	7
Figura 4.	Mosca del mediterraneo ( <i>Ceratitis capitata</i> ).....	9
Figura 5.	Ubicación del poblado Zoyatzingo, Amecameca, Edo. de México .....	16
Figura 6.	Árboles de capulín, nogal y tejocote. Zoyatzingo, México.....	25
Figura 7.	Trampas delta con stikem.....	26
Figura 8.	Stikem colocado dentro de trampas delta.....	28
Figura 9.	Elaboración de cámaras de pupación para <i>Rhagoletis cingulata</i> .....	32
Figura 10.	<i>Rhagoletis cingulata</i> . (a) Larva de primer estadio, (b) daños ocasionados en el fruto de capulín, (c) pupa y (d) adulto.....	37
Figura 11.	Inflorescencia de <i>Prunus serotina</i> var. <i>capuli</i> .....	38
Figura 12.	Ala de <i>Rhagoletis cingulata</i> .....	39
Figura 13.	Adulto hembra de <i>Rhagoletis zoqui</i> .....	55
Figura 14.	<i>Rhagoletis zoqui</i> . (a) larva de tercer estadio y (b) pupas extraídas del fruto de nogal en Zoyatzingo, México .....	56
Figura 15.	Larva de primer estadio de <i>Rhagoletis zoqui</i> atacando al fruto de nogal.....	57

Figura 16.	Pupas y adulto hembra de <i>Rhagoletis zoqui</i> recolectadas en Zoyatzingo, México.....	57
Figura 17.	Ala y adulto de <i>Rhagoletis pomonella</i> .....	73

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Distribución de la tierra según su utilidad. Distrito Amecameca, Méx.....	21
Cuadro 2.	Actividad pecuaria en Amecameca.....	23

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b>	Muestreo de <i>R. cingulata</i> (hembras y machos) en árboles de capulín con trampas delta. ....	40
<b>Gráfica 2.</b>	Muestreo acumulado de <i>R. cingulata</i> (hembras y machos) en árboles de capulín con trampas delta en Zoyatzingo, México. ....	42
<b>Gráfica 3.</b>	Muestreo general de <i>R. cingulata</i> en árboles de capulín con trampas delta.....	43
<b>Gráfica 4.</b>	Muestreo general acumulado de <i>R. cingulata</i> en árboles de capulín con trampas delta. ....	44
<b>Gráfica 5.</b>	Comparación del peso de capulines dañados por <i>R. cingulata</i> y los no dañados.....	46
<b>Gráfica 6.</b>	Relación del no. de larvas de <i>R. cingulata</i> con respecto al peso del fruto del capulín .....	48
<b>Gráfica 7.</b>	Emergencia en Puparios de hembras y machos de <i>R. cingulata</i> .....	52
<b>Gráfica 8.</b>	Emergencia acumulada de hembras y machos de <i>R. cingulata</i> en puparios .....	53
<b>Gráfica 9.</b>	Emergencia total acumulada en puparios de <i>R. cingulata</i> .....	54
<b>Gráfica 10.</b>	Emergencia total en puparios de <i>R. cingulata</i> .....	54
<b>Gráfica 11.</b>	Población de <i>R. zoqui</i> en árboles de nogal. Muestreo con trampas delta a través del tiempo .....	59
<b>Gráfica 12.</b>	Crecimiento poblacional de <i>R. zoqui</i> . Muestreo en árboles de nogal con trampas delta.....	61
<b>Gráfica 13.</b>	Muestreo general acumulado de <i>R. zoqui</i> a través del tiempo en árboles de nogal con trampas delta .....	62
<b>Gráfica 14.</b>	Muestreo general de <i>R. zoqui</i> a través del tiempo en árboles de nogal....	63
<b>Gráfica 15.</b>	Comparación del peso de frutos de nogal dañados por <i>R. zoqui</i> y los no dañados .....	65
<b>Gráfica 16.</b>	Relación de las larvas de <i>R. zoqui</i> con respecto al peso del fruto del nogal .....	66
<b>Gráfica 17.</b>	Emergencia en puparios de hembras y machos de <i>R. zoqui</i> .....	70
<b>Gráfica 18.</b>	Emergencia acumulada de <i>R. zoqui</i> en puparios .....	72

<b>Gráfica 19.</b>	Emergencia total en puparios de <i>R. zoqui</i> .....	72
<b>Gráfica 20.</b>	Muestreo de <i>R. pomonella</i> en árboles de tejocote con trampas delta .....	76
<b>Gráfica 21.</b>	Muestreo de <i>R. pomonella</i> en árboles de tejocote con trampas delta .....	77
<b>Gráfica 22.</b>	Muestreo total de <i>R. pomonella</i> en árboles de tejocote con trampas delta.....	78
<b>Gráfica 23.</b>	Muestreo total de <i>R. pomonella</i> en árboles de tejocote con trampas delta.....	78
<b>Gráfica 24.</b>	Comparación del peso del tejocotes dañados por <i>R. pomonella</i> y los no dañados.....	80
<b>Gráfica 25.</b>	Relación de las larvas de <i>R. pomonella</i> con respecto al peso del fruto del tejocote .....	85
<b>Gráfica 26.</b>	Emergencia en puparios de hembras y machos de <i>R. pomonella</i> .....	87
<b>Gráfica 27.</b>	Emergencia total en puparios de <i>R. pomonella</i> .....	91
<b>Gráfica 28.</b>	Emergencia acumulada de <i>R. pomonella</i> en puparios .....	93
<b>Gráfica 29.</b>	Emergencia total acumulada en puparios de <i>R. pomonella</i> .....	94
<b>Gráfica 30.</b>	Relación de las larvas y pupas de <i>R. pomonella</i> con respecto al peso del fruto del tejocote .....	95
<b>Gráfica 31</b>	Relación entre la tasa de infestación de <i>Rhagoletis</i> spp. (larvas/kg de fruto) y el promedio de peso del fruto (g) de las plantas hospederas.....	98

## 1. RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la zona oriente del Estado de México, específicamente en el poblado de Zoyatzingo. Esta zona se caracteriza por ser productores de nogal, capulín y tejocote. Sin embargo, en años recientes esta producción se ha visto afectada por una plaga de moscas del género *Rhagoletis spp.* Uno de los frutales más afectados es el capulín ya que sus pérdidas ascienden al 90% de la producción total. El nogal y el tejocote también han sido severamente afectados por estas moscas.

Por lo anterior, y como medidas de sanidad se procedió al estudio de la plaga en diferentes aspectos:

Al inicio de la investigación se tomó como objetivo de estudio a *Rhagoletis cingulata* debido a los daños que ocasiona sobre el capulín *Prunus sertina* var capulí, es decir, la plaga está en sincronía con la fenología de la planta, para el mes de abril las moscas sobrevuelan alrededor de los árboles; la captura de los adultos se realizó con trampas delta, permitiendo detectar la aparición exacta de la plaga así como el porcentaje de hembras y de machos. El análisis del grado de infestación y daño causados por la plaga se realizó considerando.

el peso en los frutos parasitados y sanos.

Una vez evaluados los daños, se procedió a la disección de los frutos para la extracción de larvas en los tres estadios para determinar las fases más abundantes, se observó que el número de larvas presentes en el fruto, determina el grado de daño, sin embargo, existe un número determinado que no exceden el límite de soporte de infestación y se determina que cada mosca ovípara solo un número específico, de tal manera que para el capulín se contabilizaron tres larvas por fruto como causantes del 90% de la pérdida en la producción.

*Rhagoletis cingulata* especie univoltina, empieza a emerger en condiciones controladas a partir de marzo, encontrando una ligera diferencia comparativamente con su ciclo de vida natural. En esta especie, se encontró una relación 1:1 de hembras como de machos.

Para *Rhagoletis zoqui* que parasita al nogal *Juglans mollis* se realizaron los mismos estudios que en el caso de la anterior, encontrando que esta mosca sobrevuela en los árboles a partir del mes de mayo, tal y como se demostró con las colectas de adultos en trampas delta.

El porcentaje de aparición fue mayor en las hembras, los machos empiezan a contabilizarse a partir del mes de junio; al final la plaga se estabiliza en sus emergencias y se registra un sobrevuelo casi del 50% tanto de hembras como en machos, esto ya para el término de la plaga que sucede a finales de agosto.

Esta especie tiene un comportamiento ligeramente diferente en puparios ya que los adultos empiezan a registrarse desde el mes de abril, llegando a su término de emergencias hasta el mes de septiembre. El 30 % de las pupas no emergieron, sin embargo, ellas lo hacen al segundo año.

Las nueces con pesos intermedios entre de 35 a 39 gramos, son preferidas por la mosca para su oviposición, debido a que el estudio demostró que las nueces con pesos mayores o menores no son parasitadas o no se encontraron daños por la plaga.

*Rhagoletis pomonella*, en este estudio se encontró que esta especie emerge durante todos los meses del año a excepción de enero que es el mes más frío. Se propone que esta especie de acuerdo a los resultados de los puparios pudiera considerarse como multivoltina.

## 2. INTRODUCCIÓN

El grupo más numeroso de animales sobre la tierra, son los insectos; varios miles de diferentes especies han sido descritas, tres veces más de las que hay en el resto del reino animal y probablemente muchas más que faltan por clasificar. Han vivido en la tierra cerca de 350 millones de años, mientras que el hombre ha vivido menos de dos millones; durante este tiempo se han desarrollado adaptándose a casi todo tipo de hábitat (Chapman, 1982) y (Lorente, B. J. 2013).

Las especies fitófagas coevolucionaron paralelamente al desarrollo de las plantas de las cuales se alimentaban, muchas de ellas representaron factores de regulación natural de las poblaciones vegetales, interactuando así insectos y plantas, lo que dió como resultado una interrelación que se tradujo en el equilibrio natural de sus poblaciones. (Rull *et al.*, 2006).

Cuando el hombre se transforma de nómada a sedentario, originando el monocultivo, las especies fitófagas encontraron grandes extensiones de terreno sembradas con plantas que constituían su alimento. Todo esto aunado al progreso con los medios de transporte inventados por el hombre ocasionaron que las especies insectiles se diseminaran y encontraran condiciones ambientales adecuadas, alimento y ausencia de enemigos naturales, entonces se establecieron como verdaderas plagas en áreas nuevas, así como también el cambio climático ha favorecido su desarrollo y (Rodríguez del Bosque y Arredondo-Bernal, 2007).

La destrucción de los cultivos por insectos representa pérdidas millonarias anualmente. Un total de 65,000 especies plaga de cultivos en campo y productos almacenados ocasionan daños de aproximadamente el 40% de la cosecha anual mundial (Perrin, 1997; Pimentel *et al.*, 2010); lo que representó en el 2003 una inversión de \$50,000.00 millones de dólares, según un estudio de alcance mundial (Chet y Chernin, 2002). En México no hay una cifra exacta del daño que causan los insectos en los cultivos, sin embargo en 1972 el daño ascendió al 15% (Cervantes *et al.*, 2003) y en 1974 las pérdidas se estimaron en 10,000.00 millones de pesos al año.

De todas las especies de insectos que se encuentran en México, solamente 600 son consideradas plagas severas (Planificación y desarrollo, 1996). (Martinez, D. 2005).

Este número de individuos se encuentra distribuido en 32 órdenes entre los cuales resaltan los Díptera por su gran importancia agrícola y el daño que ocasiona a los cultivos.

Así mismo, Díptera es uno de los grupos con mayor número de especies, tal condición provoca que tengan gran importancia económica, médica, veterinaria, científica, biológica y ecológica entre otras (Heubel y Hoffmeister, 2000) y (Aradhya, *et al.*, 2006).

En ellos se encuentran los tan conocidos moscos y moscas que cohabitan en los ambientes donde el hombre está presente. Esto ha hecho que la humanidad en su totalidad los considere de suma importancia (Eberhard, 2000; Hernández, 1993). Un ejemplo son los moscos vectores de enfermedades como el paludismo, y enfermedades

gastrointestinales, otros dípteros causan daños provocando enfermedades en el ganado convirtiéndose en epidemias severas como lo es el gusano barrenador de zonas tropicales de nuestro país. Hernández-Ortiz, 2010.

Díptera es uno de los órdenes que cuenta con más de 120 familias, 2000 géneros y 16,500 especies (Hernández-Ortiz, 2003) y (Prokopy, 1980). En el aspecto biológico, se encuentran las moscas polinizadoras, las hay también depredadoras que equilibran de alguna manera el desarrollo de plagas y la propagación de enfermedades (Opp, *et al.*, 1990).

Las moscas han sido de gran utilidad en estudios de ingeniería genética, representado un pilar para el desarrollo de la biotecnología (Sivinski *et al.*, 2000). Por último, tenemos a un grupo no menos importante que los anteriores y es el de las moscas parásitas de vegetales que incluyen plagas de cultivos básicos como legumbres y verduras; dentro del mismo grupo encontramos a las moscas que viven y se alimentan parasitando a los frutos o árboles frutales cultivados y silvestres. Este grupo de moscas parasita a la mayoría de los frutos tanto tropicales como de climas templados y son consideradas como las peores plagas de la fruticultura mundial (Aluja, 1994) y (Aluja, *et al.*, 2003).

## **2.1. La Fruticultura en el Valle de México**

La fruticultura es una actividad de importancia para el hombre y su economía, en México se realiza en todos los estados gracias a la diversidad de regiones ecológicas las que generan divisas a través de la exportación y a su vez satisfacen la demanda interna. El desarrollo de la fruticultura se basa en 30 especies (Smith, 2000).

Nuestro país cuenta con una superficie sembrada de 1,900,000 Ha. y produce aproximadamente por año 13,000,000 ton. de productos frutales (Aluja, 1994). De esta manera se encuentra entre los primeros siete productores, a escala mundial de: aguacate, limón, mango, naranja, piña, toronja, plátano y fresa, sin olvidar frutales de origen mexicano que han sido exportados al mundo. Existen otros como la vid, ciruela, durazno, guayaba, tuna, tamarindo y otros de interés local como el mamey, chicozapote, pitaya, capulín, tejocote y nuez (Bravo *et al.*, 1989), Carton de Grammont, Hubert. 2010.

A nivel regional en el Estado de México, el capulín, el tejocote y el nogal son de gran relevancia en la zona; así mismo, el nogal es muy apreciado por su fruto y su madera (Luna, 1990), FAOSTAT (Food and Agriculture Organization statistical database). 2010, siendo de gran valor comercial no sólo en la región sino también en muchos países de Europa principalmente en España.

Nogal, (*Juglans mollis* Engelm). En el Valle de México la madera de nogal tiene diversos usos, razón por la cual los agricultores han talado la zona olvidándose de reponer con nuevas plantaciones, todo esto unido a la gran cantidad de plagas y patógenos que parasitan a este preciado frutal, han ocasionado que este árbol tenga un valor cada vez más elevado. Actualmente en nuestro país, se le está dando al nogal una orientación distinta a la tradicional, o sea a la producción de madera y fruto en forma intensiva y para lograrlo se hace necesario establecer una lucha contra plagas y enfermedades de éste cultivo (Fig. 1).



El género *Juglans spp*, está muy extendido geográficamente encontrándose esencialmente en todos los países situados entre los paralelos 10 y 50 del hemisferio norte, bien como espontáneo, formando masas forestales, o introducido y cultivado como productor de fruto, madera o ambas cosas a la vez. En México ha sido un tanto difícil evaluar la producción de nuez, pues las estadísticas son muy imprecisas, si bien la producción mundial sobrepasa las 770 mil toneladas anuales, SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009, solo se comercializa la quinta parte de la producción (Alonso *et al.*, 2005). Se sabe que el nogal se encuentra presente en numerosos países, sin embargo, como cultivo comercial especializado se limita a unos pocos: EE. UU., Francia, Italia, y algún otro del oeste de Europa. De ahí que resulte difícil conocer las cifras de producción verdaderamente comercial.



Figura 1. Árbol de nogal (*Juglans mollis* Engelm), frutos dañados por *R. zoqui*

El capulín (*Prunus serótina var capulí*) pertenece a la familia Rosaceae; es de origen americano y se encuentra distribuida en el norte, centro y sur del continente. El capulín es una especie frutícola semicultivada en México, tradicionalmente se ha utilizado en la región como productor de fruto y madera, así también como de ornato y últimamente se le ha dado uso en procesos de reforestación ya que requiere de poca agua y es de rápido crecimiento; sin embargo, en años recientes ha aumentado el interés por la explotación del cultivo para producción de fruta a nivel comercial, dada la gran demanda en los centros urbanos (Muratalla, 1992), INEGI, 2012c.

Fuentes oficiales (Mendoza, 2011) señalan que la producción nacional de capulín supera las 35,000 toneladas anuales en una superficie de 6,000 hectáreas, localizadas en forma

dispersa en los estados de Puebla, Morelos, México y Michoacán, siendo Puebla y el Estado de México los principales abastecedores del mercado de la ciudad de México.

Existen diversos estudios en México para la selección de tipos productivos y de alta calidad; así como a la búsqueda de portainjertos de cerezo y los respectivos estudios de postcosecha del fruto para el consumo en fresco, conservación en frío, transformación a frutos secos, licores, mermeladas y jugos concentrados. Gandhi, *et all.*, 2009.

Sin embargo, el capulín, igual que otras especies nativas de México, requiere de investigación básica, considerando que para la producción de calidad, se requiere conocer todo tipo de factores incluyendo por supuesto el control de sus plagas que afectan en gran medida la producción de este fruto (Figura 2 a y b). (Morales, 2014).



Figura 2. Árboles de capulín (*Prunus serotina* var *capuli*)

Es considerada una especie semicultivada cuya presencia en la mayoría de los casos, se reduce a poblaciones que se encuentran a la orilla de los caminos, delimitando propiedades, o constituyendo huertos de tipo casero y de traspatio. (Muratalla, 1992). Conabio, 2009.

El capulín puede ser incorporado a la fruticultura nacional ya que cuenta con características favorables como precocidad en la producción, siendo los primeros frutos que entran al mercado y tiene gran rendimiento, por otra parte es de las especies que crecen bien en la montaña, en suelo de ladera y en condiciones de temporal; resiste la salinidad, y la sequía, potencialmente puede ser usado como patrón enanizante del cerezo (*Prunus avium* L.); además su velocidad de crecimiento y calidad de madera han hecho posible que se inicie su explotación maderable en la manufactura de artesanías, muebles de mediano tamaño y en forma de leña como parte terminal del proceso de este recurso en el estado de México y Michoacán. Otro atributo de este árbol son sus semillas tostadas y saladas las cuales constituyen un alimento de alto valor energético. Con esto se puede determinar que el capulín es una especie que puede tener mucha repercusión

económica en el país y que sin embargo se ha estudiado poco (Hartmann y Kester, 1980), CONABIO, 2012.

En México se han desarrollado investigaciones sobre esta especie donde los objetivos son principalmente la selección de tipos productivos y de alta calidad; se ha utilizado en la búsqueda de portainjertos de cerezo y los respectivos estudios de postcosecha del fruto para el consumo en fresco, conservación en frío, transformación a frutos secos, licores, mermeladas y jugos concentrados. Morrone, 2005.

(*Crataegus mexicana* DC) (Figura 3) El tejocote crece y tolera un rango amplio de condiciones medioambientales que muchas de las veces son adversas; éstas características le confieren al tejocote su gran versatilidad (Borys, 1994), Núñez-Colín, CA; Sánchez-Vidaña, DI. 2011. (Bailey, 1976).



Figura 3. Árbol de tejocote (*Crataegus pubescens*)

En el país éste género varía en su morfología, existiendo desde árboles pequeños a grandes, distribuidos en gran parte del territorio, especialmente en los lugares fríos y templados, donde crecen en forma silvestre; los hay también cultivados en forma excepcional para su explotación comercial (Calderón, 2001). Karp, D. 2010.

Hasta 1972 fué reportada una superficie de 1,320 Ha. cultivadas con tejocote (CONAFRUT, 1974) y para 1979 se reportó una superficie cosechada de 3,000 Ha. Con esto se denota su potencial económico como frutal.

Una de las características del tejocote es que representa poca inversión para los agricultores. Deschamps Solórzano, L., & Escamilla Caamal, G. (2010).

Este fruto ha sido también de gran aceptación en nuestra sociedad ya que ha estado presente en muchas de nuestras tradiciones gastronómicas y culturales (día de muertos, posadas y en general fiestas religiosas de la cultura nacional).

Los frutales mencionados representan el objeto principal del estudio con base en la importancia que ellos tienen para las comunidades del Valle de México, en el presente trabajo, se realiza un análisis del problema de plagas en especial de las moscas de la fruta (Díptera) que son considerados como las plagas más importantes de estos árboles frutales. (Soto, 1986).

## **2.2. Moscas de la fruta**

Bravo (1989) menciona que las investigaciones realizadas sobre aspectos entomológicos en México, corresponde en un 20% a plagas de frutales, dentro de las cuales destacan los tefrítidos conocidos comúnmente como moscas de la fruta.

Un caso mundialmente conocido es la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata*, que ataca a más de 200 especies frutales y hortícolas, la mosca oriental *Dacus dorsalis* y muchas especies del género *Anastrepha* que viven en el Continente Americano (Aluja, 1997). Para el caso de México, ha sido muy difícil el desarrollo de la fruticultura sobre todo en algunas regiones tropicales que en gran medida obedecen al efecto devastador de las moscas de la fruta, situación que ha privado por muchos años. Afortunadamente, hasta hace poco se han venido desarrollando programas cooperativos entre varios países como es el caso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y la República de Guatemala; estas tres entidades en conjunto realizaron varios laboratorios de cría masiva y esterilización de moscas del mediterráneo. Este insecto se llama así porque fue en la cuenca del Mar Mediterraneo donde se le reportó inicialmente como una plaga de importancia económica (Headrick y Goeden, 1994).

La mosca, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), es considerada como una de las plagas más perjudiciales de los frutales. El peligro más grande estriba en que no tiene una hospedera principal, sino que puede causar fuertes pérdidas en varias frutas y hortalizas, dependiendo de la ecología del lugar. Este insecto tiene una gran facilidad de adaptación y soporta condiciones climáticas sumamente variables que por lo general no resisten otras especies de moscas de la fruta, de aquí el porqué los países no infestados tratan por todos los medios de impedir que se introduzca y se establezca en su territorio (Eberhard, 2000).

La presencia de la Mosca del Mediterráneo en Centroamérica se conoció a principios de 1955, al detectarse en un lugar cercano a San José, capital de la República de Costa Rica, aunque se supone que la introducción pudo efectuarse en fecha anterior; este hecho y la dispersión posterior a Nicaragua y Panamá, dió lugar a que se extremaran las medidas de prevención, por lo cual, aparte de las estrictas cuarentenas vigentes, se intensificaron las actividades de trapeo en países no infestados (Frías *et al.*, 1984).

Actualmente la introducción de la plaga se ha extendido a toda Centroamérica y la situación en Guatemala obliga a sumar esfuerzos para evitar la propagación y un mayor

desplazamiento hacia el norte (Fig. 4). Por otra parte, su alto índice reproductivo ha provocado que esta mosca se encuentre distribuida en los cinco continentes. En las últimas décadas ha invadido regiones antes inaccesibles por las barreras geográficas, al incrementarse el transporte aéreo de productos vegetales e intercambio turístico (Norrbon *et al.*, 1999).



Figura 4. Mosca del mediterraneo (*Ceratitis capitata*).

Tomado de: [1912http://josedotinzulza.edublogs.org/files](http://josedotinzulza.edublogs.org/files)

Para este caso, el hombre ha tenido que desarrollar campañas permanentes de erradicación a través de tecnologías avanzadas (Prokopy y Economopoulos, 1975), un ejemplo de estos logros son las plantas esterilizadoras de organismos en estado larvario a través de Uranio 14 ubicada en Metapa de Domínguez Chiapas, en donde la tecnología ha logrado erradicar la plaga en la frontera sur de nuestro país y además ha eliminado las posibilidades de avance hacia el centro del mismo.

Otro grupo de moscas muy importante a nivel mundial en el aspecto frutícola y de hortalizas, es el género *Anastrepha* Schiner. Este grupo lo podemos encontrar en todas las regiones tropicales y subtropicales, tiene predominancia dentro del continente americano, comprende a las especies nativas de mayor importancia económica, en gran variedad de frutos cultivados y silvestres (Steyskal, 1977b).

México en particular se ve afectado y amenazado por las especies de este género entre las que destacan *A. ludens* (Loew), asociada preferentemente a cítricos y mango; *A. obliqua* (Macquart) conocida como la “mosca de la ciruela”, pero también se alimenta de mango en ciertas regiones; *A. serpentina* (Wiedemann), o “mosca de los zapotes” y *A. striata*, Schiner o mosca de la guayaba entre otras (Boller, 1965).

Los estudios sobre el género *Anastrepha* en México son todavía escasos en un amplio sentido, ya que en buena medida los trabajos realizados a la fecha están enfocados a especies de importancia económica, por lo cual se desconoce la distribución, la biología y las interacciones con sus plantas de alimentación y parasitoides de numerosas especies,

resultando en consecuencia, muy difícil la utilización de información básica en el campo de la Entomología aplicada (Hernández-Ortiz, 1992).

A pesar del incremento en el número de especies que se van descubriendo en el país, no existe un conocimiento claro de las mismas, y por lo tanto no es posible precisar acerca de su distribución, de donde surge la necesidad de una revisión que reúna información completa para conocer a fondo su biología y sus hábitos ya que *Anastrepha* constituye uno de los géneros más importantes desde el punto de vista agrícola no sólo en México, sino prácticamente en todas las regiones tropicales del continente americano (Dodson, 1985).

Otro grupo de gran importancia económica es el género *Rhagoletis* Loew, que ataca principalmente frutales que se desarrollan en climas fríos y templados, a excepción de algunas especies que parasitan frutos de climas subtropicales (Smith y Bush, 2000).

El género *Rhagoletis*, a diferencia de los tropicales, son mucho más longevos y por lo mismo ovipositan una cantidad mucho menor de huevecillos, todo esto como una estrategia alternativa para contrarrestar las inclemencias ambientales que suelen presentarse en las regiones con clima frío y templado (Prokopy y Bush, 1972).

El género también se caracteriza por su alta capacidad de dispersión y adaptabilidad a diversos medios. Pueden movilizarse por más de 200 Km, ayudados por viento y tormentas (Opp, y Prokopy, 1987).

En el Valle de México, tres especies causan el mayor daño a los frutales y son : *R. pomonella*, *R. zoqui* y *R. cingulata*, cada una asociada al tejocote, nogal y capulín respectivamente.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Describir la utilización del recurso alimenticio en tres especies de *Rhagoletis sp.* que emplean tres diferentes hospederos naturales, para obtener datos de su ciclo de vida y proporciones de infestación para contribuir a su biología.

#### **3.1. Objetivos específicos**

- 1) Establecer la relación que existe entre el grado de infestación en los frutos y su peso.
- 2) Describir las fases del desarrollo de cada especie plaga con base en recolectas de campo, observaciones y seguimiento en el laboratorio.
- 3) Determinar la presencia y porcentaje de parasitismo natural en cada una de las especies.

#### 4. ANTECEDENTES

Generalidades de la familia Tephritidae. En el catálogo más reciente de la Superfamilia Tephritoidea en la región neotropical, (Hernández-Ortiz, 1993) la considera integrada por las familias Richardiidae, Otitidae, Platystomadidae, Pyrgotidae, Tephritidae y Tachiniscidae; mientras que McAlpine *et al.* (1981) incluye además a las familias Lonchaeidae, Pallopteridae y Psophilidae.

Loew (1873) en su monografía, reconoce solamente dos familias (Trypetidae y Ortalidae), de las cuales la primera permanece como Tephritidae, mientras que la segunda incluía a las actuales familias Richardiidae, Otitidae, Pyrgotidae y Platystomadidae.

Curran (1934) reconoció tres familias: (Tephritidae como Trupaneidae), Otitidae y Pyrgotidae. Otros como Brues, (1954) consideraron grupos adicionales que no se mencionan aquí.

La familia Tephritidae es una de las más grandes del orden Díptera, comprende alrededor de 4000 especies en todo el mundo (Hernández, 1992). Se les conoce como moscas de la fruta en las cuales se encuentran plagas de gran importancia como se mencionó en párrafos anteriores. Arcos (1988), menciona que cerca de 16 especies son consideradas de gran importancia frutícola a nivel mundial, y se encuentran agrupadas en los géneros *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Dacus*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana*. En México se encuentran establecidos los géneros *Anastrepha*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana*.

##### 4.1. Introducción al género *Rhagoletis* sp.

En 1862, Loew describe por primera vez al género *Rhagoletis* ubicandolo dentro de la Tribu Trypetini, que corresponde a la Subfamilia Trypetinae para incluir solo a *Musca cerasi* Linnaeus y sus sinónimos, por lo que ésta es el género tipo. Hagley, (1993) menciona que ocasionalmente algunos autores usaron el nombre genérico de *Try*

*peta* seguido de *Rhagoletis* como subgénero antes del trabajo de Loew (1862). *Rhagoletis cingulata* (Loew) fue descrita por primera vez como *Trypeta cingulata* por Loew y *R. Pomonella* se describió por Walsh en 1867 como *Trypeta pomonella* (Hagley, 1993).

El género *Rhagoletis* se encuentra ampliamente distribuido en las regiones holártica y neotropical, incluyendo especies de gran importancia económica. Aproximadamente 50 especies y subespecies han sido descritas y se han descrito a 42 plantas hospederas (Bush, 1966). (Hernández,1993) menciona que el género comprende 57 especies distribuidas en la zona Paleártica, nearctica y Neotropical (Bush, 1966; Foote, 1967). Las especies de este género viven en el Centro y Sureste de Europa (Arcos, 1988).

(Bush, 1966) menciona que en el Continente Americano el género está representado por 35 especies reunidas en 10 grupos de los cuales “*striatella*”, “*cingulata*”, “*pomonella*” y “*suavis*” comprenden cinco especies y cuatro de ellas han sido registradas para México: *R. boycei* Cresson, *R. completa* Cresson, *R. juglandis* Cresson y *R. zoqui* Bush, distribuidas en las regiones Norte y Centro de México, con excepción de *R. zoqui*



encontrada en la Sierra de Hidalgo. Aunado a esta lista se encuentra *Rhagoletis ramosae* (Hernández, 1985) que corresponde al grupo *suavis* y *Rhagoletis turpiniae* (Hernández, 1993) del grupo *cingulata*. Otra especie del grupo es *Rhagoletis electromorpha* descrita por Berlocher (1984), incrementando la lista a 38 especies en América.

De acuerdo a la clasificación supraespecífica de (Bush, 1966) y Foote (1989), *Rhagoletis* se encuentra representada por 10 especies en diferentes grupos de las regiones Neártica y Neotropical. Los principales grupos que se encuentran distribuidos en la región Neártica y Holártica son especies del grupo *pomonella*, *cingulata*, *taballaria*, *rubicola* y *alternata* (Hernández, 1993); de ellas solo *R. pomonella* (Walsh) y *R. cingulata* (Loew) se registran para México; el grupo *suavis* está representado por cinco de seis especies conocidas incluyendo dos endémicas *R. zoqui* Bush y *R. ramosae* Hernández (1985). Las especies de los grupos *nova*, *psalida*, *ferruginea* y *striatella* contienen alrededor del 50% de las especies americanas. Estas se encuentran exclusivamente en Centro y Sudamérica excepto *R. striatella* Walsh que se cita para México y USA (Christensen y Foote, 1965; Cameron, 1977); Hernández, 1985; Linares, 1988).

El grupo *pomonella* es el más estudiado desde varios aspectos: origen, filogenia, biología, taxonomía, importancia económica y control (Foote, 1967). Recientes investigaciones se han realizado con *R. pomonella* en lo que respecta a trampeo utilizando atrayentes visuales y de olor (Aluja *et al*, 1993); hábitos de comportamiento como respuesta a diferentes fuentes de alimento (Malavasi y Prokopy, 1993); estudios sobre factores que afectan su fecundidad y longevidad (Hendrichs *et al*, 1993), su oviposición (Averill y Prokopy, 1993) control de la plaga fenología y distribución y parasitoides (Hagley *et al*, 1993).

Aluja (1997), menciona que la especie más importante en México es *R. pomonella*, distribuida principalmente en las zonas templadas del país; sus hospederas principales son el manzano, durazno, pera y tejocote. (Bush, 1966) realizó una revisión muy completa de las especies neárticas, introdujo conceptos de biosistemática, relaciones de herbivoría, genética, distribución y comportamiento que generaron nuevas líneas de investigación de estos dípteros.

Sin embargo, las especies han sido escasamente estudiadas y comprendidas, hasta 1981 en que Foote realiza una importante obra sobre las especies del sur de EUA del género *Rhagoletis*. El mismo autor menciona que el estudio de estas especies ofrece dos dificultades, una es la escasez de material colectado y otra es la ausencia de trabajos sobre comportamiento y sus relaciones con las plantas hospederas, así como sus especímenes, por lo que su obra se basa únicamente en la morfología.

Existen estudios donde explican que la presencia de variedades de hospederos en las especies de *Rhagoletis* y la mayoría de insectos fitófagos se originaron por especiación simpátrica (Brues, 1954 y Smith, 1985). No obstante menciona que aunque es posible una incipiente especiación simpátrica el origen y la estabilización de especies no pudieron ocurrir sin un aislamiento geográfico. Estos autores mostraron poblaciones alopátricas, es decir, geográficamente separadas proponiendo a *R. cingulata cingulata* (Loew) que habita

en el Este de E.U. y *R. cingulata indifferens* Curran del Noroeste con base en estudios morfológicos.

En México el estudio del género *Rhagoletis* es muy escaso, se conocen trabajos que registran una infestación en capulín (*Prunus serotina* var. *capuli*) ocasionada por *R. cingulata indifferens* Curran, la que (Foote, 1981) menciona que en realidad es *R. cingulata*, en esta investigación se describen los daños ocasionados al hospedero así como la plaga; las aportaciones de Hernández-Ortiz, (1993) registran dos especies nuevas *R. ramosae* y *R. turpiniae*; Arcos, (1988) incluye morfología, taxonomía, distribución geográfica y hospederas de moscas de la fruta, entre ellas *R. pomonella*; Piñero, J.M. (2002), describe como algunos factores físicos (temperatura, humedad) influyen en el ciclo de vida de *R. pomonella*; Linares (1988) efectúa una descripción de trapeo y atrayentes para *R. completa* y *R. pomonella*, estos tres últimos autores elaboran una compilación de la información generada (Bravo, 1989).

Para el Estado de México (Hernández-Ortiz 2004), registra poblaciones en *R. pomonella* durante la fructificación de *Crataegus mexicana* (Rosaceae), señalándola como una de las principales plagas de frutales en la región centro del país, que incluye a Puebla, Tlaxcala e Hidalgo.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Trabajo de campo.**

Se llevaron a cabo muestreos en la región de Amecameca , específicamente en el municipio de Zoyatzingo, al pie de los volcanes Ixtacihuatl y Popocatepetl en huertos de traspatio, caminos vecinales y cultivos poco atendidos por sus propietarios.

se buscó que la zona de colectatuviera las condiciones de clima, humedad y altura típicas de esos lugares de la República Mexicana, ya que se han detectado estas mismas plagas en lugares más bajos como es el caso de Tlalmanalco en Estado de México y también en lugares semicálidos como es el caso de Atlautla ubicado en los límites del Estado de México con Morelos; este lugar cuenta con un clima más cálido por la influencia de los vientos Alisios y como consecuencia tiene la aparición temprana de frutales en los mercados (Abril); de éste modo se optó por tomar el punto intermedio entre ambos quedando así el municipio de Zoyatzingo en la zona más céntrica de toda la región de estudio. En sentido estricto, el área de trabajo se encuentra en los límites del Valle de México (en la falda de los Volcanes Popocatepetl e Iztacihuatl). La característica y probablemente la más importante para su selección fue que precisamente allí no se ha realizado ningún tipo de estudio faunístico y mucho menos entomológico, además en esta región del Valle de México es el único lugar donde se celebra una feria dedicada exclusivamente a la nuez, ya que por tradición el municipio de Amecameca y Zoyatzingo son nogaleros por excelencia.

Dentro de los mismos huertos existen otros frutales de gran importancia para el consumo cotidiano y para el mercado en general. estos frutos son : Pera, higo, ciruela, manzana, membrillo, durazno, chabacano, aguacate, níspero y por supuesto los tres frutales objetivo del presente trabajo.

El trabajo de campo constó de tres muestreos en diferentes estaciones del año correspondientes una a cada tipo de frutal, siendo el capulín el que más rápidamente madura en el año (Mayo y principios de Junio), seguido por el nogal que fructifica en el mes de Agosto; la tercera etapa del muestreo corresponde al tejocote que es el fruto más tardío en las diferentes épocas del año (Octubre y Noviembre).

Se describen los aspectos biológicos, físicos y geográficos de la zona de estudio. Se describe también los aspectos climatológicos y edafológicos de esta zona.

### **5.2. Descripción de la zona de estudio.**

#### **5.2.1. Localización**

El municipio de Zoyatzingo está localizado en el área Oriente del Valle de México. Geográficamente está limitado entre los 19° 8" de latitud norte y entre los 98° 46" de longitud oeste, con una superficie total de 22 357 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>) (Estación # 006 Amacameca Méx.).

Al norte limita con el Municipio de Amecameca y con los poblados de san Diego Tlaxcantitla, San Pedro Mártir y Tepancatitla.

Al sur se encuentra limitado por los Municipios de Ozumba de Alzate, Tepetlixpa (San Esteban) y Atlautla de Victoria. Las comunidades más cercanas en ésta región son: San Juan Tehuixtitlán, Los Avila (Las Ardillas), Potrero San Juan Grande, Las Delicias, Popo Park y con el Barranco Tecocac.

Por el Poniente se encuentra Limitado por los municipios de Ayapango, Juchitepec de Mariano Rivapalacio y San Mateo Cuijingo; cercanos a la zona se encuentran las comunidades de Joyacán, La Mesa, Pahuacán (San Martin) y Miahuacán (San Bartolo).

Hacia el Oriente colinda con los Municipios de San Pedro Nexapa, San Diego Huehuecalco y Parque Nacional Ixta Popo. Esta zona se caracteriza por la presencia de barrancos, cañadas y lomas porque es la parte más baja de la falda del volcán Iztacihuatl. Cuenta también con un acueducto que abastece a varios poblados como Zoyatzingo Amecameca y Atlautla; el agua proviene del deshielo de los volcanes (Carta Edafológica INEGI Número E14 B41) (Fig. 5).



Figura 5. Ubicación del poblado Zoyatzingo, Amecameca Edo. de México

Zoyatzingo pertenece a la región III Texcoco integrada por 15 municipios. Ocupa el lugar 44 por su extensión y representa el 0.8% del territorio estatal. El municipio esta integrado por 6 delegaciones, 2 subdelegaciones y la cabecera municipal. Las delegaciones son las siguientes: San Pedro Nexapa, San Francisco

Zentlalpan, San Antonio Zoyatzingo, San Isabel Chalma, San Diego Huehuecalco, Santiago Cuahutenco.

El poblado de Zoyatzingo es de gran relevancia ecológica debido a que se encuentra dentro de la reserva de la biosfera los volcanes, declarada así desde el año 2002. La superficie total es de 171,774.409 ha, de las cuales 40,008 ha se encuentran protegidas por decreto federal debido a que cuentan con la categoría de parque nacional; de esas, 28,771.182 ha serán consideradas como zona núcleo debido a la fragilidad del sistema. La zona de amortiguamiento abarca 57,767.741 ha y la zona de influencia 85,235.486 ha; en la zona de amortiguamiento las actividades están reguladas por los planes de desarrollo de cada municipio y las actividades de la zona de influencia están reguladas por el Ordenamiento Ecológico del Volcán Popocatepetl de los estados de México, Puebla y Morelos. El Programa de Ordenamiento Ecológico del Volcán Popocatepetl y su Zona de Influencia abarca una superficie aproximada de 283,192.53 ha e involucra a 34 municipios de los tres estados: Ixtapaluca, Zoyatzingo Tlalmanalco, Cocotitlán, Temamatla, Tenango del Aire, Ayapango, Amecameca, Ozumba, Tepetlixpa, Atlautla y Ecatzingo, en el Estado de México; Acteopan, Atlixco, Atzizihuacan, Calpan, Cohuecan, Chiantzingo, San Nicolás de los Ranchos, San Salvador El Verde, Santa Isabel Cholula, Tianguismanalco, Tlahuapan, Tochimilco, Domingo Arenas, Huaquechula, Huejotzingo, Nealtican, San Felipe Teotlancingo y San Jerónimo Tecuinapan, en el Estado de Puebla; Ocuilco, Temoac, Tetela del Volcán, Yecapixtla y Zacualpan de Amilpas en el Estado de Morelos.

### **5.2.2. Hidrografía**

La totalidad de los ríos, arroyos y manantiales de este municipio proviene de los escurrimientos de la sierra nevada que está conformada por los volcanes Iztaccihuatl y el Popocatepetl. La red hidrológica cubre toda la zona por el deshielo y las precipitaciones que existen.

En la época de lluvias aumentan los escurrimientos formándose riachuelos, manantiales y arroyos. La del río Molinos que nace al sureste del Iztaccihuatl, atraviesa la región occidental de Cholula y penetra en Atlixco para unirse con el río de Nexapa que es un poblado vecino a Zoyatzingo. Cerca del límite de los estados de México y de Puebla, nace la vertiente oriental de la sierra nevada que va a construir el nacimiento de la cuenca del río Atoyac que tiene un recorrido del Noroeste al Sureste del valle de Puebla.

Los deshielos y escurrimientos del Popocatepetl forman los ríos, Molinos y Axal en el distrito de Atlixco posteriormente forma el río Nexapa que sigue hacia el sur en el río Mexcala. El río Atila que se origina en las faldas meridionales del Popocatepetl, se dirige al sur, luego se une al río Nexapa y posteriormente al río Atoyac. (CONAGUA, 2009).

Las principales corrientes que se originan en los volcanes se distribuyen de la siguiente manera: Las que nacen del lado este del Iztaccihuatl se dirige al valle de Puebla: Río

Molinos, que nace al sureste del Iztaccíhuatl, atraviesa la región occidental de Cholula y penetra en Atlixco para unirse después con el río Nexapa. Cerca del límite de los estados de México y Puebla nace la vertiente oriental de la Sierra Nevada que va a constituir el nacimiento de la cuenca del río Atoyac, que tiene un recorrido de noreste a sureste por el valle de Puebla.

El río Atila que se origina en las faldas meridionales del Popocatepetl se dirige al sur, luego se une al río Nexapa y posteriormente al río Atoyac. La vertiente sureste del volcán que nace en el estado de México se dirige hacia Puebla, y va a desembocar al río Cuautla.

#### Cascadas

El lado oeste del Iztaccíhuatl se encuentra interrumpido por numerosas cascadas, entre las que sobresalen: Cascadas de San Rafael, El Negro, Diamantes, Milpulco, Alcalicán, cuyas aguas se dirigen hacia la Región III Amacameca.

#### Causes

En la zona norte, el río Chopanac se une con el río de Tlalmanalco

En la zona centro-norte corren los arroyos de Almoloya y Coronilla, que a su vez dan origen al río Amecameca, que provee de agua potable a la región de Zoyatzingo.

En la zona se encuentran los arroyos de Amilpulco de la ciénega de Alcalicán.

### **5.2.3. Climatología**

Su clima se clasifica como C (w"2) (w) big. E. García (1973). La temperatura media anual es de  $T_p=14.4^{\circ}$  C y su precipitación pluvial anual es de  $PP_p=1001$ mm. E. García (1973).

Es subhúmedo, con lluvias en verano, la temperatura media anual es entre los  $12^{\circ}$  y  $18^{\circ}$  centígrados y las del mes más frío entre los  $-3^{\circ}$  y  $12^{\circ}$  C. (Fig. 17).

Los meses de junio y noviembre son húmedos y frescos; de diciembre a mayo son secos y de fríos a frescos tornándose algo cálidos en el comienzo de las lluvias en abril y mayo; a mayor altitud, las temperaturas son más bajas y aumenta la precipitación pluvial. Las temperaturas en invierno son más frías que las de verano.

Para altitudes mayores a 3,800 mts. el clima es de tipo EFH, es decir un clima frío, con temperatura media anual de  $2^{\circ}$  centígrados. Por arriba de la línea de vegetación arbórea, la temperatura puede descender bajo cero en cualquier del época del año.

Los vientos del norte son dominantes en primavera y los del sur en otoño, la temporada de lluvias empieza a fines de mayo o principios de junio y termina en el mes de octubre. Otro fenómeno que se presenta habitualmente son las granizadas con graves consecuencias en la producción agrícola y frutícola.

#### 5.2.4. Flora

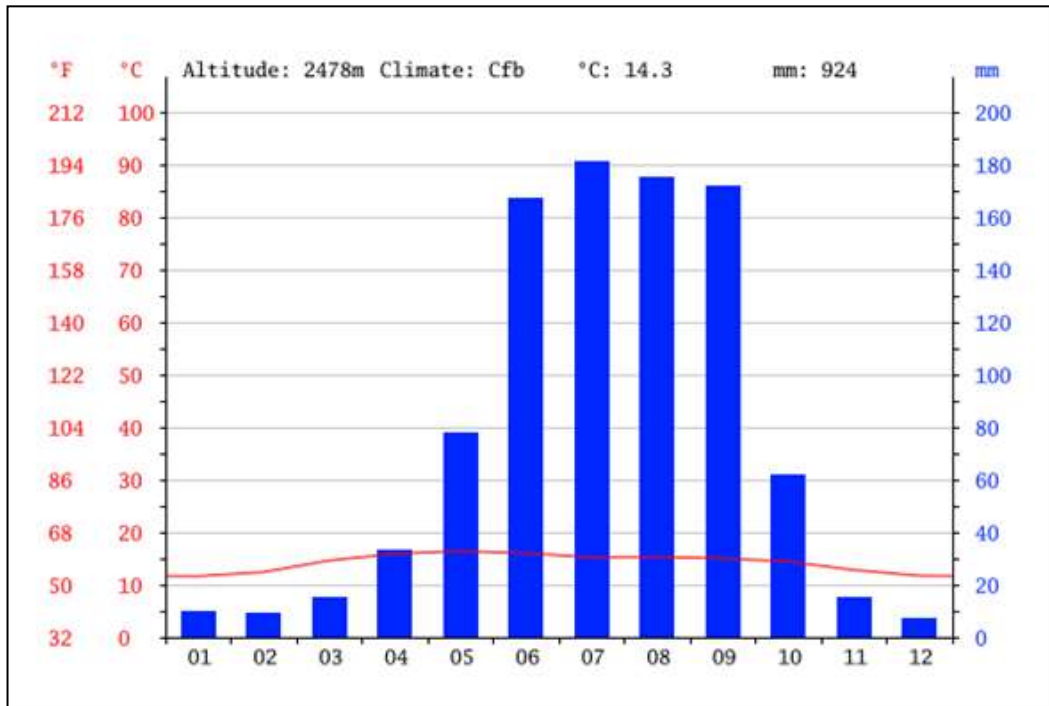
Existen tres tipos de bosques en el área municipal: entre los 2,500 y 2,800 msnm, existen bosques de pinos (*Pinus moctezumae*), (*Pinus ayacahuite*), mezclados con encino (*Quercus spp*) y cipreses (*cupresus lindai*) (Fig. 18). Los árboles son altos, a menudo alcanzan más de 30 metros de altura. Es la zona más perturbada por la deforestación, los incendios y las plagas. El ganado pasta con intensidad creciente e impide los renuevos. Significativas extensiones se han transformado en matorrales y eriales poblados por tepozán (*Ribes cilatum*), jarilla (*Senecio saligmus*), majahuites (*Lupinus montanus*), zacate amacollado (*Achaetoregon mexicanus*) y un estrato herbáceo que consiste en una mezcla profusa de especies, algunas con usos medicinales como el estafiate (*Artemisa mexicana*), gordolobo (*Gnaphalium indicum*), epazote de zorrillo (*Quenopodium foetidum*), tabaquillo o carbonero (*Calamintha macrostema*) y árnica (*Heterotheca inuloides*).

Los vientos del norte son dominantes en primavera y los del sur en otoño, la temporada de lluvias empieza a fines de mayo o principios de junio y termina en el mes de octubre. Otro fenómeno que se presenta habitualmente son las granizadas con graves consecuencias en la producción agrícola y frutícola.

Entre los 2,900 y 3,400 msnm, se localiza un segundo piso de vegetación arbórea, formado por oyameles (*Abies religiosa*), que se encuentra principalmente en los cañones, mientras en las laderas, son dominantes los pinos y los cedros. Se hallan relictos de madroños (*Arbutus xalapensis*) y ailes (*Alnus firmifolia*) Las especies arbustivas y herbáceas no varían mucho del estrato anterior, pero no son tan abundantes gracias a que hay una conservación de la vegetación original. En el límite superior de éste piso se forma una masa original de oyameles o abetos donde mora una gran cantidad de ejemplares de la fauna silvestre. (Sanchez, 2004).

En el piso superior, entre los 3,500 y 4,200 metros se encuentra un tipo de bosque de pinares abiertos, con abundantes gramíneas amacolladas; es un bosque donde predomina una sola especie de pino (*Pinus hartwagii*), que se mezcla entre las altitudes más bajas con abetos y ailes. En los volcanes, el pino (*pinus hartwagii*) llega a las mayores altitudes registradas para un pino en el mundo. Arriba de los 4,000 metros, este bosque se mezcla con la pradera alpina o vegetación de páramos de altura; las especies dominantes son los pastos amacollados (*Calamagrostis tolucensis*) y algunas hierbas como el cardo santo (*Cirsium nivale* y *Cirsium subsericum*). (Rzedowzki, 1998).

Entre las plantas comestibles se encuentran los quelites en forma silvestre y abundante en época de lluvias, quintoniles, cuauhquelites, quelite cenizo, "perritos" entre otros. En las partes más húmedas existe gran variedad de hongos comestibles, los más conocidos son: xochilillos, sanjuaneros, membrillos, paragüitas, xoletes, xocoyoles, olotitos o mazorquitas, panzas, chilpanes, totopicles, cornetas, yemas, escobetas, mazayeles, venados, tuzas, enchilados, cazahuates, juandieguitos, duraznos, colorados, el huitlacoche por mencionar algunos.



Climograma de Zoyatzingo, Amecameca, Edo. de Méx Tomado de : <http://es.climate-data.org/location/45214/>

### 5.2.5. Fauna silvestre

Por lo que respecta a la fauna silvestre de la zona, ésta posee características particulares, tales como su adaptación al clima frío, vivir entre zacatonales y bosques de pino, además de establecerse a grandes altitudes. Sin embargo la mayoría de las especies ya se extinguieron y las pocas que quedan son en su mayoría pájaros y reptiles.

Es notable la presencia de una especie que vive en esta zona, el conejo de los volcanes o teporingo (*Romerolagus diazi*); otros animales son: la musaraña (*Criptomys alticola*), conejos y liebres (*Sylvilagus florinadus*), ardillas (*Sciurus nelsoni*), coyote (*Canis latrans*), (Ceballos, 1894).

Entre los reptiles está la víbora de cascabel (*Crotalus triseriatus*), lagartijas y tizincoyotes. En cuanto a aves, tenemos: gabilancillo (*Falco sparverius*), águilas, correcaminos, codorniz, lechuza, búho, cuervo, zenzontle, jilguero, calandria, gorrión, azulejo, tórtola, coquito, chillón, tigrillo, primavera, carpintero, colibrí, chochoyota, seseto, cardenal, cacaxtle, tordo y mulato. Dentro de los insectos hay araña capulina, araña tigre, alacrán, catarinas, mosquitos y gusanos. Cabe mencionar que se encuentran representados en esta zona la mayoría de los ordenes de insectos. (Blanco, 1981).

Muchas especies están en peligro de desaparición, por la cacería a que están expuestas. No se encuentran ya el venado cola blanca, el mázate, el gato montés y diversas aves y



pájaros. Entre la fauna nociva se puede mencionar: ratas, ratones, tuzas, moscas, cucarachas y perros callejeros.

En el año 2009, la Universidad Nacional autónoma de México realiza un estudio donde se obtienen listados de la fauna actual, específicamente en anfibios y reptiles resultando lo siguiente:

### 5.2.6. Edafología

Los suelos de esta región son de material acarreado por los arroyos de la Sierra Nevada en las zonas semiplanas dónde se ubica el área urbana, es de tipo fluvisol en las laderas de las montañas es de vertisol y andosol y en las partes más altas, así como en el cerro del Sacromonte es de tipo de suelo litosol.

FLUVISOL.- Son formados por los desbordamientos periódicos de los arroyos los cuales al regresar a su cauce natural aportan grandes cantidades de material a las zonas que inundaron , estos suelos son muy permeables.

VERTISOL.- Es un suelo que se caracteriza por su alta concentración de arcilla que en estado húmedo se vuelve pastoso y aumenta su volumen, y estado seco provoca agrietamientos, suelos luvertidos y gromosoles.

ANDOSOL.- Son derivados de cenizas por ser fijadores de fósforo, siendo su uso más adecuado el forestal.

LITOSOL.- No es apto para actividad agropecuaria.

ROGOSOL.- Para indicar el manto del material madre del suelo que reposa sobre la roca dura subyacente con poco o escaso desarrollo, son arenas secas, contienen arcilla y sales solubles.

HISTOSOL.- Suelo de tejidos orgánicos.

La distribución de la tierra se clasifica de acuerdo a su uso, (cuadro 1) aunque no se define claramente las cantidades correspondiente a la tierra que no tiene ninguna utilidad (Macias, 1991).

TIPO DE TIERRA	HECTÁREAS QUE ABARCA
TEMPORAL	5 280.4
RIEGO	261.0
FORESTAL	7 840.0
IMPRODUCTIVA	1 002.0
URBANIZADA	847.0

Cuadro 1. Distribución de la tierra según su utilidad. Distito Amecameca, Méx.

### **5.2.7. Orografía**

El municipio de Amecameca está situado en las faldas de la Sierra Nevada dentro de la provincia fisiográfica del eje volcánico. En el territorio municipal se presentan tres formas de relieve.

Las zonas accidentadas, al este del municipio con pendientes mayores al 25% constituidas por las laderas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl; aproximadamente abarcan un 46% del territorio con 7,757.90 hectáreas.

Las zonas semiaccidentadas con pendientes entre 6 a 25, ubicadas en las partes bajas de los volcanes, en el centro del municipio, ocupando aproximadamente un 10% del suelo municipal con 1,686.50 has.

Las zonas planas, con pendientes de 0 a 6, se ubican al oeste, abarcando un 44% aproximadamente del territorio municipal con 7,420.60 has.

La ciudad de Amecameca de Juárez se ubica en zona plana, con pendientes del 2 al 6, a una altura de 2,640 mts. sobre el nivel del mar. Las zonas de costosa urbanización, por pendientes más cercanas a la ciudad son: Cerro Tepopulco, ubicado a 1 Km. Al noroeste y el cerro del Sacromonte inmediato al poniente del área urbana con pendientes hasta del 40%.

### **5.2.8. Uso del suelo**

Las actividades agropecuarias han disminuido en los 20 últimos años, sin embargo, sigue siendo una actividad de la que depende 25% de la población. El principal cultivo es el maíz con 3357 ha. y un rendimiento de 800 Kg. por ha. Sigue en orden de importancia la alfalfa, el trigo, la avena, las verduras y las legumbres. La producción de frutales es significativa (126 ha), particularmente en nogal de castilla donde el municipio tiene la mayor producción a nivel nacional.

También se cultivan la pera, manzana, chabacano, capulín, ciruela amarilla y roja. De la superficie cultivada, 95% es tierra de temporal y sólo 50% es fertilizada.

La tierra mecanizada ha aumentado por el cambio de uso de la yunta de mulas por el tractor; en 65% de las tierras se utilizan tractores. (Soil Survey Staff. 1994).

De las 8220 ha de masa forestal, 95% corresponden a bosques y el resto a superficies arbustivas. Esta área se encuentra muy deteriorada por la tala clandestina, el pastoreo nómada y los incendios. Hay aprovechamientos forestales, pero sin control.

La actividad pecuaria, se presenta en la tabla con datos de 1990.

En la delegación de San Antonio Zoyatzingo se ha desarrollado notablemente la Apicultura. Para el año de 1992 su producción fue calculada en 16 toneladas. El caso de la avicultura también es notable, se han establecido 27 plantas avícolas con una producción de cerca de tres millones de aves y cerca de 70 toneladas de huevo anualmente (Aguilar M. y Álvarez, R. 2007); esta actividad ha traído severos problemas

de contaminación, dado que algunas plantas tiran restos orgánicos a los lechos de los ríos. No hay actividades piscícolas, a pesar de las inmejorables condiciones para su desarrollo.

Cuadro 2. Actividad pecuaria en Amecameca		
TIPO DE GANADO	CANTIDAD	% EN EL ESTADO
Bovino	5161	0.78
porcino	12094	1.86
Ovino	4905	0.62
Caprino	169	0.09
Equino	1537	0.62

### 5.2.9. Problemática Ambiental

El municipio de Amacameca, Estado de México, a sido afectado por diversas causas que provocaron daños tanto al suelo, al aire y al agua. Una de las principales causas es la continua producción de cenizas del volcán popocatepetl la cual ha provocado desertificación y alteración del suelo, además, la tala inmoderada ha provocado un incremento considerable de insectos perjudiciales para los cultivos básicos y por consiguiente en los frutales de la región; esta condición ha sido aprovechada por las poblaciones de insectos, específicamente de Tefritidos del Genero *Rhagoletis sp.* Los cuales se estudian en este trabajo.

Por otro lado, la problemática del uso inmoderado de los recursos acuáticos del deshielo del volcan Popocatepetl, ha repercutido en la produccion agrícola y fruticola de la región debido a que el abasecimiento natural de agua para los ejidos ha bajado sensiblemente repercutiendo en la producción frutícola.

Las poblaciones de moscas parasitas de frutales han aumentado en proporciones sin control, ya que en casos como el capulín, en algunos años anteriores la perdida de cosecha ha sido del cien por ciento.

Los incendios forestales y la tala inmoderada han sido problemas continuos; sin embargo, se debe mencionar que en algunos casos estos siniestros fueron provocados

por las emisiones volcánicas, lo cual incrementa fuertemente la desertificación que ha tenido consecuencias graves como la aparición de poblaciones insectiles nocivas para los cultivos y frutales.

Un ejemplo de los daños, se tiene la erupción del 22 de diciembre de 1994, donde entró en actividad el volcán Popocatepetl, (información que proporcionada a través del Centro Nacional de Prevención de Desastre, Cenapred). (Semarnat-Conanp, 2013).

### **5.3. Trampeo de insectos plaga**

#### **5.3.1. Localización de árboles frutales:**

Los árboles frutales (nogal, tejocote y capulín ) objetivo del presente trabajo, se encuentran ubicados en la periferia del poblado de Zoyatzingo Edo. de Méx. Específicamente en el Ejido norte del municipio sobre el camino a las cajas de agua y Acueducto que abastecen del líquido a sus habitantes y que proviene del deshielo del volcán Iztacíhuatl.

Los árboles a estudiar se encuentran entremezcados, es decir que donde crece un nogal, por lo general allí mismo se desarrolla un tejocote o un capulín aunque no de manera homogénea pero si ubicados dentro de la misma zona. Con respecto al tejocote y al capulín se hace necesario mencionar que los hay tanto cultivados como silvestres o cimarrónes como se les llama en la región. Por otro lado el nogal crece siempre bajo el cuidado de los agricultores y generalmente en huertas de traspatio. Algunos de ellos sin embargo están localizados a la orilla del camino antes mencionado y otros se ubican delimitando terrenos de algunos vecinos del lugar.

Los árboles son de diferentes tamaños, siendo los más grandes de capulín (*Prunus serotina* capuli-Rosaceae) que oscilan entre los 10 y 15 metros de altura (Muratalla, 1992) (Fig. 6 a); en las últimas décadas no se han plantado o no se han repuesto los árboles que van ocupando para madera o en su defecto que caen por que son ya muy viejos siendo utilizados como leña;

Se seleccionaron únicamente árboles maduros con talla similares, los árboles jóvenes con pocos años de producción no se tomaron en cuenta: seguidos en tamaño están los árboles de nogal (*Juglans mollis*-Jugladiaceae) los cuales tienen entre los 3 y los 7 metros de altura (Fig. 6b). Por otra parte, los árboles de tejocote (*Crataegus mexicana* -Rosaceae) en la región son los más bajos en cuanto a su altitud ya que esta oscila entre los 3 y los 5 metros.(Reynolds et al. 1996) (Fig. 6 c).

la selección de árboles de tejocote y capulín fue al azar, es decir tanto cultivados como silvestres, que estuvieran sanos y sin daños visibles por la roya u otros parásitos y patógenos. Los nogales también fueron elegidos al azar y con ubicación en diferentes huertos dentro de la zona de estudio.



Figura 6. Árboles de capulín, nopal y tejocote. Zoyatzingo, Méx.

### 5.3.2. Descripción y Colocación de trampas

Las trampas son de patente alemana, su material consta de una hoja de plástico endurecido del tipo vinil diseñadas para resistir los cambios climáticos como temperatura elevadas, rayos de sol, lluvia y viento; la finalidad de evitar los cámbios en los componentes de la trampa es principalmente que ésta no pierda el color amarillo característico ya que de alguna manera funciona como atrayente para la mayoría de las moscas de la fruta. El plástico amarillo está predoblado y cortado en forma triangular (como casita de dos aguas), con hendiduras y pestañas que sirven para armarla y darle rigidez. Consta también de un soporte flexible, metálico e inoxidable de aproximadamente 50cm. de largo con dos terminaciones las cuales se introducen en los hoyos expresamente diseñados para este fin y así poder colocarlas en las ramas de los árboles. (Hernández, 2004).

Consta también de un stikem o placa de cartón del tamaño de la trampa con pegamento en una sola de sus caras y que es insoluble al agua de la lluvia, el cual tiene la función de capturar a las moscas que van entrando a la trampa (Figura 7).

Después de haber ubicado y seleccionado los árboles, se procedió a la colocación de las trampas en la forma siguiente:

Dentro de la copa del árbol se seleccionó un lugar para cada trampa con ciertas características como: espacio libre de follaje para darle libre visibilidad a la trampa y no muy cerca del troco principal; la orientación que llevó la trampa en todos los casos fue con una entrada hacia el lado oriente y la otra entrada hacia el poniente, esto con la finalidad de que las entradas siempre estuvieran en forma visible por la iluminación de algunos rayos solares que logran atravesar el denso follaje de la copa de los árboles y así captar el mayor número de individuos que sobrevuelan en la copa del frutal.

Se colocaron un total de 12 trampas en seis árboles de cada frutal, todas ellas el mismo día y a la misma hora evitando así variaciones en el muestreo de los adultos; siendo el primero de la temporada el capulín; para este frutal la colocación fue realizada en el mes de Febrero, o sea, con dos meses de anterioridad a la fructificación y maduración de los frutos con la finalidad de establecer la época de aparición y dispersión, capturando a las moscas en el momento de su emergencia para detectar exactamente la invasión y predecir de alguna manera el daño que esta plaga ocasionará al cultivo.



Figura 7. Trampas delta con stikem

El 22 de Abril de 2013 se colocaron 24 trampas tipo delta amarillas con placa de stikem conteniendo pegamento para la captura y nulure (proteína hidrolizada) como atrayente.

La colocación se hizo a la mitad de la copa de los árboles, sobre ramas con mayor abundancia de follaje; la posición fue hacia el lado oriente para incidir con la mayor cantidad de luz natural por el tipo de actividad de los dípteros. La ubicación de las trampas fue en diferentes terrenos a 500 m. de distancia entre ellos para cubrir la mayor parte del ejido de Zoyatzingo México. La primera revisión de trampas delta se lleva a cabo el día 29 de Abril de 2001. En este primer evento, se hace necesario describir la forma como se sustituyen los consumibles para la colecta debido a la dificultad para conseguir dichos materiales y al robo de dichas trampas. Así, el nulare se sustituye eficazmente por poliisobutileno (pegamento para trampas de roedores) el cual tiene aroma atrayente y a la vez captura a las moscas que se acercan a él.

Las trampas se hicieron con carton corrugado pintadas de amarillo sustituyendo perfectamente a las trampas delta originales. El soporte se realizó con alambre galvanizado el cual tiene como característica que es inoxidable.

Para despegar las moscas del papel impregnado, se utilizó xileno que sirve como solvente y no deteriora los ejemplares.

Las moscas fueron depositadas en viales con alcohol al 70% como conservador y su etiqueta elaborada a lapiz para evitar el deterioro de los datos.

Los insectos fueron trasladados al laboratorio de Artrópodos de la UACH donde se analizaron con claves taxonómicas tradicionales y después cotejadas con claves de V. Hernández y M. Aluja de Instituto de Ecología de Xalapa (INECOL)

El mismo procedimiento se siguió para los nogales, de este modo se colocaron doce trampas con stikem en seis árboles; las trampas fueron colocadas al inicio del mes de Abril con el fin de capturar a la plaga en el momento real de su aparición.

El frutal más tardío es el tejocote, sin embargo, las trampas fueron colocadas a principios del mes de Octubre por la misma razón que las dos anteriores; en el caso del tejocote, el periodo de fructificación, madurez y cosecha del fruto es mucho más amplio, ya que se extiende hasta finales del mes de Diciembre.

La revisión de cada una de las trampas se llevó a cabo cada ocho días desde la colocación hasta el término de la cosecha, dando margen unas semanas después para detectar exactamente la desaparición total de los adultos que sobrevuelan en la copa del árbol. Las trampas extraviadas o desaparecidas fueron repuestas nuevamente para que la captura de material tuviera continuidad.

### **5.3.3. Recolecta de material**

Cada ocho días después de la colocación, se revisaron las trampas chequeando en primera instancia, que el stikem estuviera en buen estado, sin polvo, sin agua y eliminando los posibles organismos como aves pequeñas, lepidópteros, etc. Ya que al quedar pegados,

liberan tanto plumas como escamas respectivamente y esto deteriora fuertemente la calidad del material entomológico (Figura 8). Al detectar un stikem en mal estado se procedía a sustituirlo inmediatamente por uno nuevo.

Posteriormente se separaron del stikem a las moscas del género *Rhagoletis* Loew de la siguiente manera: con un gotero se aplicó xilol a cada una de las moscas aplicando hasta dos veces el solvente para asegurar que el pegamento se disuelva totalmente al momento de separarlos. Con unas pinzas se realiza en forma lenta para que el organismo no se deteriore.

Consecutivamente los insectos se depositan en una caja de petri con xilol, esto con el fin de eliminar el resto de pegamento que pudiera haber quedado en el organismo para desechar la probabilidad de que queden pegados unos con otros y dañarse al momento de separarlos; posteriormente al baño de xilol, se depositan en un frasco de vidrio de 30 ml. Con tapa plástica y de cierre hermético conteniendo alcohol al 100%. El frasco deberá estar rotulado con los siguientes datos:

Tipo de frutal  
número de trampa  
número de insectos colectados  
lugar de colecta  
fecha  
colector



Figura 8. Placa con stikem colocada dentro de trampas delta

El material entomológico fue llevado al laboratorio para realizar los siguientes estudios:

Sexado: en frascos diferentes con alcohol al 100% se depositaron las hembras y los machos en otro para conocer el número exacto de cada sexo. Se tomó un registro de cada número de individuos por trampa y por semana durante el tiempo de permanencia de las mismas así como también el número de individuos de cada sexo. Para conocer la



proporción de sexos. Los datos obtenidos son vaciados en tablas expresamente diseñadas para su posterior análisis estadístico.

Una vez determinado el sexo se procedió al montaje del material biológico: la muestra de cada frasco se vació en una caja de petri y se fue separando uno a uno con pinzas entomológicas depositandolos en papel secante para eliminar el exeso de alcohol, enseguida, sin dar tiempo de que el ejemplar endurezca, se procede al montaje en alfileres entomológicos de calibre 0,1 y 2 según sea el tamaño del insecto; los ejemplares muy pequeños fueron montados en alfileres de tipo minuta. Después del montaje, en forma complementaria se procedió a rotular con etiquetas de cartulina blanca gruesa y estilògrafos de 0.5mm. a cada uno de los ejemplares con los datos obligatorios correspondientes al muestreo.

Después del montaje y como complemento del trabajo de laboratorio se procedió a rotular con etiquetas de cartulina blanca gruesa y estilògrafos de 0.5mm. a cada uno de los ejemplares con los datos obligatorios correspondientes al muestreo.

Los organismos debidamente montados y rotulados fueron depositados en cajas entomológicas con naftalina como conservador y ubicados en forma consecutiva de acuerdo a la fecha de colecta, esto con el fin de facilitar el manejo posterior tanto de los datos de muestreo como de los mismos ejemplares.

Cuando los ejemplares estuvieron debidamente procesados, se sometieron a un estudio profundo con claves especializadas y apoyandose en un microscopio estereoscópico marca Carl Saez para llegar a una adecuada determinación o en su caso, clasificación taxonómica de acuerdo a las normas actuales contenidas dentro del Código de Nomenclatura Zoológica.

Posteriormente se procedió a tomar fotografías de las alas y la cabeza a través de un microscopio estereoscópico y con una cámara fotográfica especializada para así establecer un análisis de anatomía y morfología comparada de las diferentes especies que conforman la presente investigación.

#### **5.3.4. Recolecta de frutos.**

Cuando los frutos de cada árbol superaron la etapa de fructificación e inmediatamente entraron a la fase de maduración, fue entonces cuando se procedió a la recolecta de material en fresco cortados directamente del árbol e incluyendo también los que se encontraban ya en el suelo para hacer con esto más homogénea la probabilidad de encontrar larvas de los diferentes estadios y poder predecir el número de hembras que ovipositan en cada fruto, esto dependerá de los diferentes estadios encontrados en cada uno de ellos.

Se colectaron aproximadamente 500 frutos para hacer la muestra más representativa y de esta forma no dar margen a error en la cuantificación y procesamiento de datos.

Para el capulín, se muestrearon los frutos con diferentes etapas de madurez, que fueron cortados del árbol; también se tomaron en cuenta los frutos que se encontraban en el suelo para hacer el muestreo más homogéneo y cuantificar los diferentes estadios larvarios que pudieran presentarse en cualquier fase de maduración.

Los frutos se depositaron para su traslado a laboratorio en bolsas de polietileno. Los frutos recolectados se depositaron en bolsas de polietileno resistente sin exceder la capacidad de la bolsa para que de esta manera no se dañen o la temperatura de maduración y fermentación no altere la fisiología de las larvas, sobre todo a las de los primeros estadios ya que son susceptibles a las altas temperaturas.

Por otra parte, la bolsa de polietileno tiene también la función de capturar las larvas que en el momento del traslado llegaron a salir del fruto y así poder cuantificarlas. Todo el proceso anterior se repite en la misma forma para las tres variedades de frutales. Posteriormente, los frutos ya empacados en sus respectivas bolsas fueron rotulados con los datos de colecta como son: tipo de fruto, cantidad, número de bolsa, lugar de colecta, fecha y colector.

Para el traslado hasta el laboratorio se requirió de una hielera tipo comercial con una capa más o menos gruesa de hielo en cubos en la parte inferior la cual estaba cubierta de papel periódico que funcionó a manera de aislante térmico para que los frutos no estuvieran en contacto directo ya que la baja temperatura puede ocasionar daños severos a las larvas contenidas dentro de los frutos; una vez que las bolsas estuvieron dentro de la hielera se procedió a sellarla y de esta manera evitar que el calor obligara a las larvas a salir del fruto con lo cual se tendría una alteración considerable en los resultados. Además el fruto de capulín en su etapa de madurez es muy susceptible al ataque de hongos y bacterias por su característica de precocidad en la maduración que en condiciones de calor y ausencia de oxígeno dañarían severamente al fruto y por consiguiente a la larva.

Para el muestreo de los frutos de nogal se ocuparon básicamente cajas de madera y bolsas de polietileno con papel periódico en su interior que funcionó como aislante térmico; los datos del muestreo fueron los mismos que el anterior, el traslado de este frutal resulta menos laborioso por su resistencia al calor y por su tamaño que favorece el transporte. De igual forma la recolecta fue al azar, es decir, cortados de los árboles en diferentes fases de maduración y frutos que en el momento del muestreo se encontraban en el suelo.

El muestreo de tejocote se realizó de la misma manera que el anterior con una variante en la recolecta de material que fue la selección de frutos sin daño visible por hongos como la roya u otros patógenos.

#### **5.4. Trabajo de Laboratorio**

Los ejemplares que llegaron al laboratorio fueron inmediatamente procesados de la siguiente manera:

se procedió a contabilizar y a sexar los ejemplares todos los adultos extraídos de las trampas amarillas (Delta) para conocer su proporción sexual y abundancia así como los meses donde más moscas sobrevuelan en el frutal e ir determinado parte de su ciclo de vida y hábitos. Esto deberá practicarse para cada frutal. Posteriormente se determinaron a través de claves especializadas y basadas en (Mc. Alpine, 1981). De esta forma se logrará conocer el género y la especie que está asociada a cada uno de los frutales.

#### **5.4.1. Procesamiento de los frutos en laboratorio**

Los frutos recién llegados al laboratorio se procesan al momento: deberán ser pesados en balanza analítica, posteriormente abiertos con un bisturí No. 5, las larvas obtenidas se extraen con pinzas entomológicas y se colocan en cristalizadores para los diferentes estadios que se hayan encontrado; en el cristalizador número uno se depositan las larvas de primer estadio, las cuales se fijan con alcohol al 70%. Este recipiente deberá contener la etiqueta con los datos básicos del muestreo y fecha de extracción de los organismos.

En el cristalizador número dos se depositarán las larvas de segundo estadio las cuales deberán ser fijadas y rotuladas en la misma forma que la anterior y con los mismos datos.

Los datos obtenidos de cada uno de los tres frutales son vaciados en tablas tomando en consideración su peso, número de larvas de cada uno de los tres estadios que conforman el desarrollo larvario, número de pupas (en caso de detectarlas) y si presenta daños o está sano.

#### **5.4.2. Cámaras de pupación**

Para el tercer estadio larval el manejo será de forma diferente; en un cristalizador se depositan las larvas para continuar su alimentación, ya que ellas a pesar de que están en su última fase de crecimiento dependen de éste para completar su ciclo de vida fuera del fruto, de ésta manera se evita una elevada mortandad lo cual alteraría los resultados esperados. Todas las larvas del tercer estadio fueron cuantificadas.

Condiciones de la cámara de cría: las larvas se mantuvieron a  $27 \pm 2^\circ$  C. y 80% de humedad relativa.

El alimento se coloca en los cristalizadores y enseguida se depositan las larvas de tercer estadio recién extraídas de los frutos. Para evitar la entrada de otros insectos y la pérdida de humedad, los cristalizadores se cubrieron con una funda de manta; durante el periodo de estancia de las larvas hasta su transformación a pupa, se le tendrá que adicionar agua con una piceta para evitar la deshidratación del medio de cultivo. Las larvas se mantienen en la dieta hasta que la mayoría alcance el estado pupal (Bush, G. L. 1969).

Una vez que las larvas entraron al estado de pupa, ellas junto con el medio de cultivo se inundan de agua, se remueve la dieta y se separan mediante un tamiz o cedazo, enseguida se enjuagan en agua corriente para eliminar los restos de la dieta. Las pupas se ponen a secar en toallas de papel. Posteriormente se pasan a una solución de hipoclorito al 10% durante 5 minutos para eliminar los posibles parásitos y patógenos que pudieran dañar a las pupas ya que su período de emergencia es largo (univoltinas) y ésta característica es aprovechada a través del tiempo de incubación por microorganismos oportunistas como virus, bacterias y hongos (todas las pupas obtenidas deberán ser cuantificadas).

Una vez terminado el baño de hipoclorito se procede a depositarlas en cristalizadores con las siguientes características: Los elementos utilizados en la elaboración de puparios como son : cristalizadores, algodón, tierra del lugar de colecta, cajas petri, papel filtro, vermiculita y pinzas tambien deberá ser sometida a esterilización en autoclave a 115 Lbs y 100° de temperatura durante un período de 15 minutos para una total desinfección, de esta forma se asegura una alta probabilidad natural de supervivencia en las pupas.

En el fondo de los cristalizadores se pone una capa de algodón de 2 cm. de espesor y otra de vermiculita del mismo grueso, encima se pone una hoja de papel filtro cortado a la medida del fondo, se agrega agua destilada para humedecer los elementos teniendo precaución de no inundar la cámara. Enseguida se depositan las pupas a una distancia de 1cm. Dentro de la cámara de pupación. Posteriormente se cubre con una caja de petri y se sella con cinta masking tape para evitar la entrada de aire y polvo del medio ambiente y al mismo tiempo asegurar que los adultos y parasitoides emergidos no escapen (se deberán fabricar tantas cámaras como sea necesario).

La cámara de pupación, despues de sellarla y ponerla a temperatura ambiente se procede a rotularla con los datos de fecha de extracción de la larva y fecha de colocación de pupas dentro de los cristalizadores así como la especie a la que pertenecen; estarán en observación durante todo el tiempo que dure la diapausa (Figura 9).



Figura 9. Elaboración de cámaras de pupación para *Rhagoletis cingulata*

Los adultos y parasitoides emergidos de las cámaras serán procesados en la misma forma que los colectados de trampas amarillas con la diferencia de que estos ejemplares deberán llevar la fecha de emergencia y se colocarán en cajas entomológicas exclusivas para los organismos emergidos de la especie que se trate. Las cámaras fueron revisadas semanalmente para extraer los adultos emergidos y relacionar la emergencia con la aparición de la plaga en los cultivos.

#### **5.4.3. Mantenimiento de puparios durante el proceso de diapausa.**

Es importante que los puparios sean mantenidos en condiciones de asepsia óptimas debido al tiempo prolongado de pupación; de ésta manera se asegura una emergencia adecuada. Esto se logra cambiando periódicamente los componentes de las cámaras por otros nuevos y esterilizados.

#### **5.4.4. Emergencia y Captura de los adultos dentro de las cámaras de pupación.**

En una bolsa grande de plástico transparente, se mete el pupario, ya dentro, se abre para liberar a los adultos quedando en ésta forma dentro de la bolsa y podrán ser capturados en un tubo de ensaye que contenga en el fondo un poco de algodón al cual se le adicionan una gotas de acetato de etilo como sustancia letal para capturar las moscas, el tubo deberá tener tapa plástica. Posteriormente se saca el pupario y se sella nuevamente o si se requiere de algun cambio en los componentes se tendrá que realizar en ese momento.

Una parte de las larvas colectadas fueron depositadas en recipientes especiales para evitar la fuga de las que salen a pupar; a estos frutos infestados no se les extrajeron las larvas, sino que por el contrario se dejaron pupar libre mente y sin alimentación externa. Las larvas que lograron pupar se colectaron con pinzas especiales y depositadas en puparios previamente diseñados

Enseguida se procedió al montaje y rotulación de los ejemplares en alfileres entomológicos para ser fijados en alcohol al 80%. Una vez terminada ésta fase los ejemplares deberán ser almacenados en sus respectivas cajas y con los procedimientos convencionales para conservar dípteros.

#### **5.5. Determinación taxonómica.**

(Bush,1966), da una diagnosis y describe en detalle al género *Rhagoletis* basado en especies neárticas tomando en cuenta las siguientes características taxonómicas:

Cabeza: ofrece en realidad pocas características discriminativas para la especie o a nivel de grupo, aunque se toman en cuenta el color de las sedas postocelares y genales que puede variar de amarillo a negro según la especie, las genas en muy raras ocasiones se encuentran extendidas y los ojos aparecen rectos o concavos en el margen posterolateral; la cara puede ser inclinada superficialmente por dejajo de las antenas y en muy pocas

especies el tercer segmento antenal es perfectamente redondo apicalmente. Nueve de las características anteriores son congruentes a nivel de grupo.

Scutum: Este carácter se usa para distinguir las especies dentro del patrón integumental. Usualmente consiste en cuatro bandas longitudinales tomentosas las cuales contrasta muy bien con la usual banda negra o cafésosa de integumento, algunos especímenes refleja perfectamente la incidencia de los rayos de luz. Esas bandas tomentosas pueden estar perfectamente separadas una de la otra o todas fusionadas en la parte anterior en la sutura transversa o también dos a cada lado de la línea media puede ser fusionada una de la otra. Las bandas son distinguiblemente separadas posteriormente en todas las especies hasta la sutura transversa y entre las áreas negras entre las bandas aparecen características a nivel de especie: Los patrones del escutelo están presentes en todas las especies del grupo excepto en los grupos *Psalida* y *Suavis*, especialmente en *Psalida* el patrón escutelar de sedas tienen una forma distinta a las demás especies.

Color de las patas: Los tarsos en todas las especies del grupo son amarillos incluyendo a las tibia medias. El fémur muestra varios grados de ennegrecimiento desde la base anterior hasta la base anterior del ápice, usualmente con el ápice izquierdo amarillo, sin embargo, algunos estudios mostraron que el oscurecimiento gradual en los organismos estadísticamente significan diferencias entre especies.

Alas y patrón alar: Las alas de todas las especies excepto en las de colores metálicos en la venación, forma y la relación longitud y anchura están muy remarcadas en todas las especies del género, excepto cuando la accesoria costal muestra manchas ausentes en toda la extensión de la vena cruzada dm-cu interceptando a la celda R1 hasta la mitad entre el ápice de la vena R1 y R2+3. Por otra parte la vena dm-cu se encuentra punteada o con manchas en el extremo de la celda R1 En la mayoría de las especies del género *Rhagoletis* del sur de la República mexicana, la vena R4+5 está prominentemente llena de pelos casi en la punta de la vena dm-cu. La característica de la tercera banda transversa y la natural de la segunda banda apical, muestran un interés a nivel específico.

Abdomen: Como en la mayoría de de las especies del género *Rhagoletis* de Norteamérica, los terguitos II-IV en los machos y II-V en las hembras de las especies neotropicales presentan un margen transversal amarillo blanquecino en forma de cara. Esa cara usualmente se presenta en forma fácilmente visible, igual se presenta en las especies de cuerpo café del grupo ferruginea y algunas especies del grupo *suavis*.

Ovipositor: Los ovipositores de las especies del género muestran una gran variación aunque existen algunas características compartidas por algunos de ellos. En forma general el ovipositor es de color café en su parte central con puntos pareados en forma anterior, característica poco observada en otros géneros, y esta característica no parece tener límite para el uso de caracteres en la separación de especies. En forma no muy usual esta característica se establece dentro del grupo *Nova*. Muchas características vistas en la funda del ovipositor no son muy confiables para una diagnosis positiva, sin

embargo el tamaño relativo de la funda, el tubo ovipositor y el ovipositor parecen ser caracteres específicos en todo el grupo *Ferruginea* y quizás en otros grupos más.

Espermateca: tiene dos formas distintas en las especies neotropicales del género *Rhagoletis*. Una forma de vastago cubierto con papilas parecidas a escamas es característica de todo el grupo excepto *Striatella* y *Ferruginea*, en ambos la espermateca es esférica con papilas encerradas apicalmente o basalmente. La espermateca no ofrece una característica distintiva a nivel específico.

Genitalia del macho: Esta característica no ha sido exhaustivamente estudiada, esto es inmediatamente evidente porque la mayor parte de la glandula del edeago es un componente mucho más distintivo, especialmente en la transparencia natural de la capsula y su terminación apical. Con respecto a esta característica del apodema de la bomba espermática y del surstylus tiene diferencia primeramente a nivel de grupo y de especie.

#### **5.6. Parasitoides asociados al género *Rhagoletis* sp:**

La estrategia para la captura de los parasitoides relacionados con el género *Rhagoletis* spp se realizará a través de la emergencia de los mismos en las cámaras de pupación donde donde fueron depositadas las pupas para completar el ciclo de vida. Se espera coleccionar el 30% de parasitoides y 70% de moscas del género *Rhagoletis* según lo reportado por varios autores los cuales refieren lo siguiente:

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. *Rhagoletis cingulata* – Capulín (*Prunus serotina* var. *Capuli*)

#### 6.1.1 Ciclo de vida de *Rhagoletis cingulata* (Loew)

Otra especie contemplada como objetivo de la presente investigación es la llamada mosca de la cereza perteneciente al mismo género y a la especie *Rhagoletis cingulata* (Loew); todas son plagas importantes de los cerezos silvestres y cultivados; para el caso de México la plaga se distribuye en cuatro estados de la república; Michoacan, Tlaxcala, Puebla y el Estado de México donde se realizó la investigación, específicamente en el poblado de Zoyatzingo, municipio de Amecameca. Estas moscas parasitan a la familia de rosáceas aunque aquí es del género *Prunus spp* que corresponde al fruto conocido como capulín. Otras especies que parasitan Rosaceas en el continente americano son *R. fausta* y *R. indifferens* Curran. Ambas especies, incluyendo a *R. cingulata* se encuentran ampliamente distribuidas en el sur de Canadá y norte de Estados Unidos. *R. fausta* se encuentra todavía más hacia el norte de esos países. Para *R. cingulata*, su distribución llega hasta el centro de nuestro país donde se establece básicamente en la región de Amecameca en el Estado de México, parte de Michoacan y Puebla principalmente.

Huevo: el huevo es blanquecino, de forma oval y mide aproximadamente 1 mm de longitud.

Larva: la larva de primero y segundo estadio no se visualizan fácilmente dentro del fruto ya que son muy pequeñas y el daño no es muy evidente. El tercer estadio llega a medir hasta 5 mm de longitud. Es de color blanco brillante o amarilleno y sin apéndices, es delgada en ambos extremos, en la capsula cefálica presenta dos ganchos sobresalen de la cabeza (Fig.10 a).

Pupa: son de color café brillante a café oscuro muy parecido a un grano de trigo, mide aproximadamente 4 mm de longitud (Fig. 10c).

Adulto: las moscas adultas son negras con la cabeza amarillenta. Miden alrededor de 4.5 mm de largo siendo un poco más pequeña que la mosca casera. Cerca del centro del dorso presenta una mancha pequeña color crema a amarilla. Esta mosca se distingue por la presencia de manchas oscuras prominentes en las alas. El abdomen tiene bandas transversas sobresalientes en número de cuatro en la hembra y tres en el macho (Smith, 1984) (Fig. 10 d).



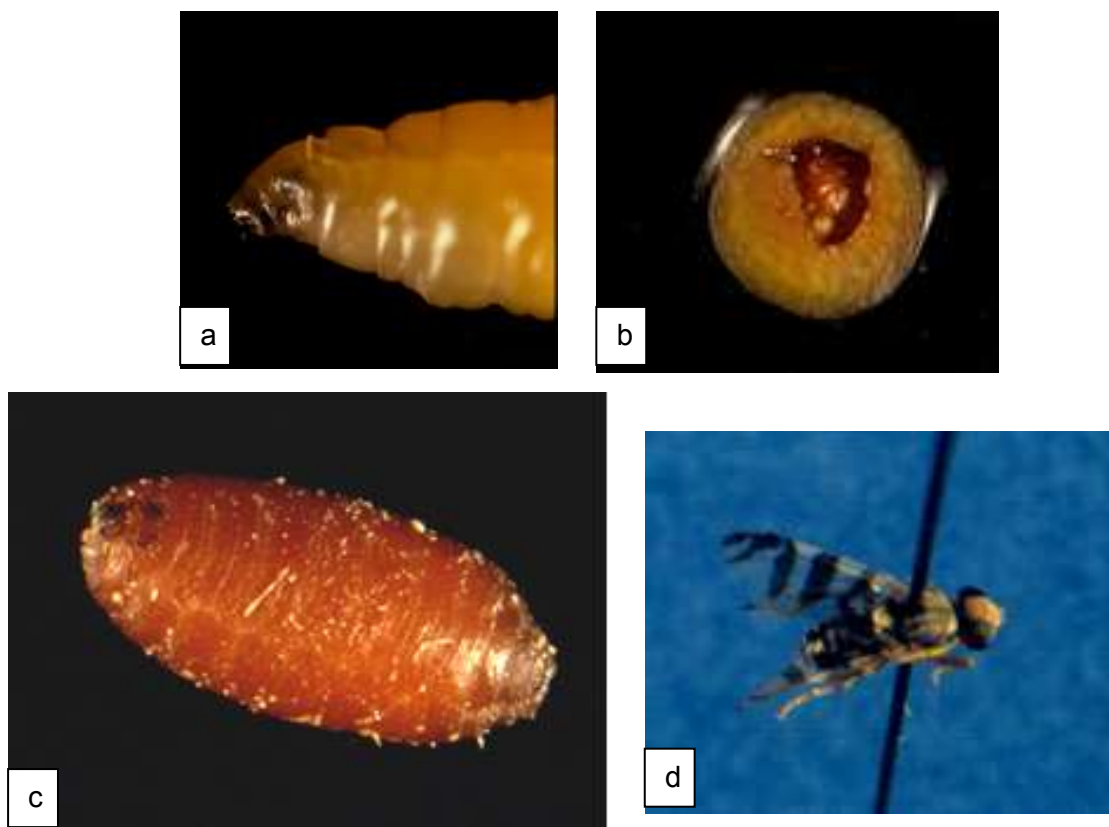


Figura 10. *Rhagoletis cingulata* (a) Larva de primer estadio; (b) daños que causa dentro del fruto de capulín; (c) pupa y (d) macho adulto.

### 6.1.2. Desarrollo del ciclo de vida de *Rhagoletis cingulata*

Esta mosca tiene su período de pupación inmediatamente después de la cosecha del capulín aproximadamente en el mes de Junio aunque la mayoría de las veces esto depende de la precipitación anual, ya que se ha visto que cuando las lluvias son más abundantes, la emergencia de los adultos suele darse a principios del mes de mayo; para el mes de Julio prácticamente las moscas ya no sobrevuelan en los árboles puesto que las larvas ya se encuentran en la etapa de pupa la cual pasa todo el invierno en el suelo cercano al árbol a una profundidad de aproximadamente 8 cm. Esta etapa se continúa hasta el mes de Febrero y en el mes de Marzo empiezan a emerger los adultos permaneciendo en esta etapa hasta finales del mes de Julio. Este periodo coincide con la etapa de fructificación del capulín.

El daño causado por esta plaga a los capulines ocurre en dos formas: cuando se alimenta el adulto y cuando se alimenta la larva; la hembra causa daño al ovipositar sus huevos dentro del fruto. Usualmente la hembra deposita entre dos a tres huevos por capulín.

Cuando la larva emerge del huevo inmediatamente comienza a alimentarse dejando sus residuos alimenticios que descomponen rápidamente el fruto ya que esto está en función del tamaño de la fruta que es pequeña. El daño se hace más evidente en la última fase del desarrollo de la larva.

La mosca del capulín pasa alrededor de 10 meses del año en forma de pupa y por lo general se establece debajo de los árboles que parasitó. Los adultos emergen en mayo pero el principal pico de emergencia es en el mes de junio y coincide con el periodo de cosecha de este frutal.

Hembras y machos sobrevuelan 10 días y hasta dos semanas alimentándose del árbol cercano al lugar de emergencia; durante este periodo se lleva a cabo el proceso de preoviposición, maduración sexual y alimentación la cual se realiza de los exudados del árbol, gotas de rocío y de las secreciones de áfidos presentes en la vegetación circundante cercana al lugar de emergencia del adulto. Poco después de este periodo, las hembras comienzan a aparearse para enseguida ovipositar sobre los frutos en forma activa, sobre todo en los días que están muy soleados y con temperatura mayor a 20 grados. Los adultos pueden también alimentarse de los jugos del fruto que salen después de una picadura con el ovipositor de la hembra.

### 6.1.3. Determinación taxonómica.

Se colectaron ejemplares de capulín con hojas y flores (Fig. 11) para su montaje y preservación; una vez procesado, se envió al Museo de la UNAM para ser determinado por especialistas del grupo.

La determinación final del díptero fue *Rhagoletis cingulata* Loew (Figuras 10 y 12). Fotografías tomadas en Zoyatzingo Méx. Donde se muestran las flores, hojas y frutos del vegetal colectado para la identificación.



Figura 11. Inflorescencia y frutos de *Prunus serotina* var. capulí.



Figura 12. Ala de *Rhagoletis cingulata*, tomada de los ejemplares capturados en las primeras revisiones.

#### **6.1.4. Muestreo con trampas delta.**

Incidencia de población. El trabajo continuó con el conteo de individuos tanto hembras como machos obteniendo el porcentaje de emergencia. Se puede observar en la gráfica 1, el trapeo inicia el 21 de Abril y la primera revisión el 25 del mismo mes; en esta etapa la plaga aún no hace su aparición el 2 de Mayo cuando se registra por primera vez; la presencia de este insecto; se pudieron contabilizar 7 machos y 3 hembras.

Se observa un incremento paulatino de la plaga incrementando las capturas de acuerdo a la maduración de los frutos; de esta manera para el muestreo del 10 de Mayo se colectan 14 machos y 19 hembras. Es importante visualizar como la plaga utiliza el recurso de manera eficiente ya que no se captura ni antes ni después de la maduración, estableciendo así, un vínculo insecto-planta tan estrecho que se pueden mencionar adaptaciones fisiológicas y hasta anatómicas que estas moscas han tenido a través de la evolución para convertirse en una plaga bien establecida.

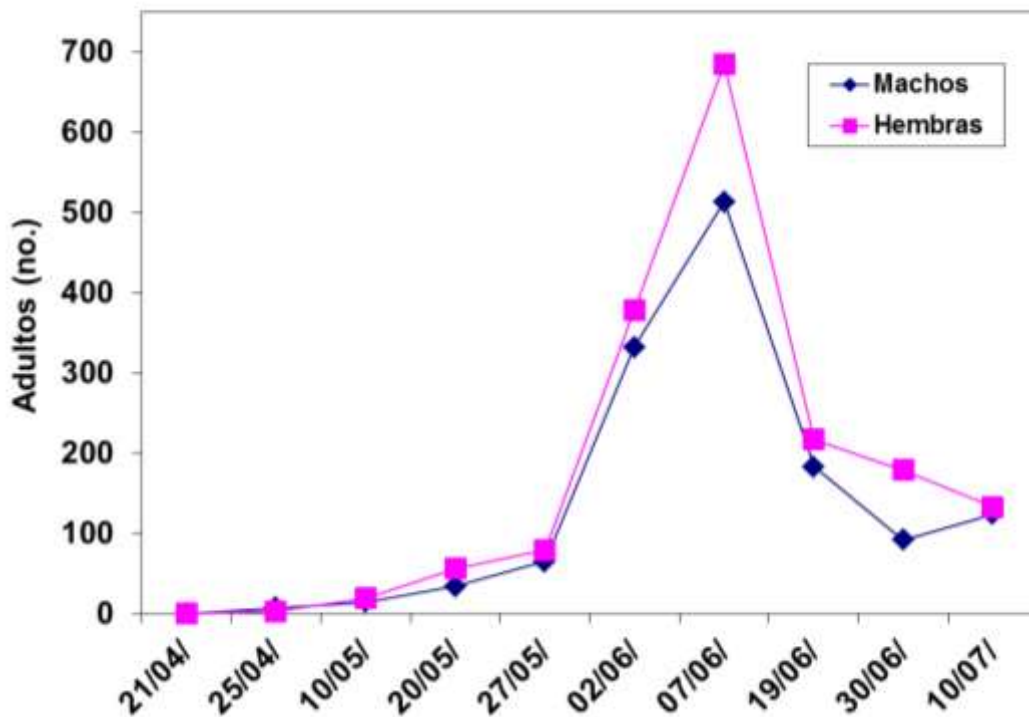
El 20 de mayo se revisan poblaciones de moscas con un incremento muy marcado que asciende a 34 machos y 56 hembras aproximadamente en diez días de muestreo. Las cifras son indicadoras de la gran explosión de la plaga en unos pocos días. Para el 27 de Mayo el crecimiento poblacional es muy evidente, ya que se colectan en esta etapa 65 machos y 79 hembras. Este punto es de extrema importancia debido a que es el inicio real del crecimiento poblacional de moscas, el cual culminará de forma inesperada en tan solo 13 días.

El muestreo del 2 de junio se colectan 380 machos y 430 hembras cifras que ya se aproximan al pico de la campana la cual culmina en días cercanos a esta fecha; específicamente, el día 7 de junio se logra la totalidad del muestreo con 513 machos y 685 hembras. A partir de aquí, la población desciende precipitadamente encontrando muy pocos ejemplares en la colecta del día 19 de junio. El total de machos fue 183, y hembras 217; cifra que representa menos de la mitad de moscas colectadas en el muestreo previo.

Para el día 30 del mismo mes se hace muy evidente el descenso brusco en la grafica de población ya que solo se obtienen 92 machos y 179 hembras; quedando de manifiesto que la plaga en cuanto a los adultos esta próxima a terminar.

En la gráfica 1 se puede apreciar que el día 10 de Julio los adultos aún sobrevuelan en los árboles, sin embargo se logran contar 124 machos y 133 hembras con lo cual nos da una idea de que al final del sobrevuelo, este tiende a estabilizarse existiendo una relación 1:1 tanto de hembras como de machos, tal y como se muestra en los datos de colecta del día 10 de Julio. Se deduce que el término de la actividad es hacia el 20 de Julio por el escaso número de ejemplares colectados el cual es de 15 machos y 17 hembras.

La maduración de los frutos se acelera por la actividad de las larvas y se hace muy evidente, además del daño que se empieza a notar es debido a que el punto donde penetró el ovipositor se hace más grande conforme avanza la maduración, la fruta se nota más oscura y muestra cierto escurrimiento en la región de la picadura; una parte importante de los frutos no alcanza la maduración sobre el árbol debido al daño ocasionado por las larvas y caen al suelo donde culminan el ciclo de vida.



Gráfica 1. Muestreo de *R. cingulata* (hembras y machos) en árboles de capulín con trampas delta.

Se observa también el daño ocasionado por la larva cuando abandona el fruto ya que deja una perforación de 1 mm. de diámetro en el exocarpo que es por donde sale para pupar en el suelo.

Los frutos que presentan este daño, por lo general ya no tienen actividad larval debido a que éstas ya salieron del fruto. Es muy visible el daño ocasionado principalmente en la zona cercana a la semilla; se pueden encontrar también partes del fruto ya reblandecidas pero que conservan algo de textura y color original sobre todo en el mesocarpio.

En *R. cingulata* la población de hembras es mucho mayor que la población de machos, sin embargo, para finales del sobrevuelo de adultos, la plaga tiende a alcanzar el equilibrio en 50% de machos y 50% de hembras, tal y como se muestra en la gráfica 1. La abundancia fue mayor en las hembras quedando evidente el proceso ecológico donde ellas deben ser más abundantes debido a que llevan la carga reproductiva de la especie.

La gráfica 2 muestra los datos acumulados; en esta técnica se detecta el descenso el cual tiende a la estabilización de la plaga y al cierre del sobrevuelo de los insectos en el árbol; comparativamente con la gráfica anterior donde solo muestra el pico máximo de emergencia que va del día 7 de Junio al 20 del mismo mes con una declinación muy marcada hacia el día 20 de Junio. La sumatoria de datos exhibe el comportamiento de la plaga tanto de hembras como de machos y la clara tendencia hacia la desaparición de las moscas a través de la estabilización de la misma a finales del mes de Julio. En datos acumulados se puede observar el crecimiento poblacional de las hembras el cual fue mayor en cuanto a número y aparición y en cuanto a su abundancia con una desaparición muy precipitada. Los machos, son menos abundantes, sin embargo decrecen en la misma forma y en las mismas fechas que las hembras. Se puede deducir que para finales del mes de Julio la plaga prácticamente es inexistente en su fase adulta. Lo anterior se comprueba con las trampas que se dejaron colgadas durante las dos semanas siguientes y donde no se obtuvo ningún ejemplar de esta especie.

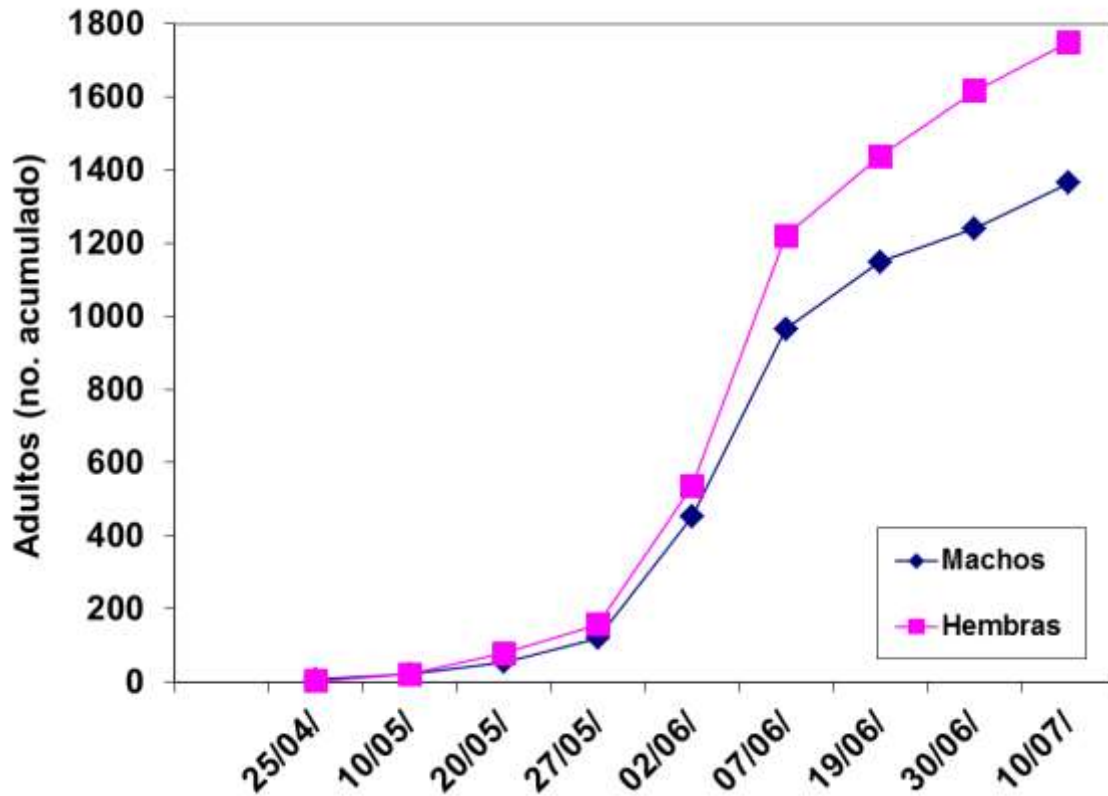
Presencia de enemigos naturales. Es de gran relevancia enfatizar que dentro de este primer evento de muestreo en árboles de capulín no se registra actividad de parasitoides tales como Braconidos o Ichneumonidos referidos en la literatura como parasitoides del género *Rhagoletis sp.* Se debe hacer mención que existen reportados grupos de parasitoides para *R. cingulata*, sin embargo, no se registró actividad alguna a lo largo de los siete muestreos realizados en la zona.

Dentro de los estudios realizados, se detecta la falta de actividad de parasitoides debido a que el número de adultos capturados en la temporada llegó a setecientos ejemplares; dato que de alguna manera refleja que los porcentajes que manejan los autores referidos deberían repetirse en el presente estudio, sin embargo los resultados esperados fueron contrapuestos a los de Muñiz-Reyes 2011, junto con otras instituciones que publican en relación al control biológico a través de los parasitoides mencionados. Se buscaron respuestas a este evento aunque sin resultados debido a que el estudio se llevó a cabo en base a la metodología existente para los muestreos de este insecto.

Por otro lado, el porcentaje inexistente de parasitoides en Zoyatzingo, se debe probablemente a que el Parque Nacional Izta-Popo se encuentra a mayor altitud comparativamente con la región oriente del Popocatepetl donde fue realizado el trabajo de los autores referidos; su temperatura anual en esta región es más baja; de esta

manera se pudiera explicar la falta de actividad de los parasitoides en la región aunque este planteamiento se tendría que dar otro tipo de seguimiento enfocado a la detección de parasitoides de la plaga de *R. cingulata* en el poblado de Zoyatzingo, Amecameca Edo. de México.

Por último, los datos acumulados de hembras y machos en el muestreo total, reflejan como la especie se desplaza hacia la estabilización para el día 7 de Julio, quedando evidente la superioridad numérica de las hembras.

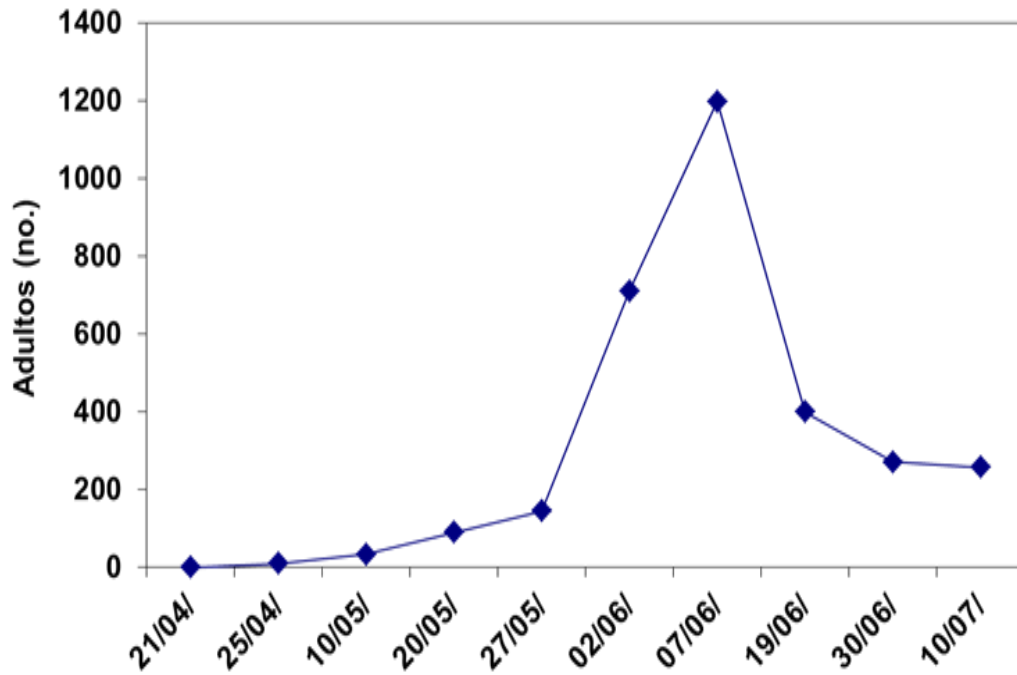


Gráfica 2. Muestreo acumulado de *R. cingulata* (hembras y machos) en árboles de capulín con trampas delta en Zoyatzingo, México.

En la gráfica 3 los datos se ordenan de tal manera que se pueda observar el punto máximo del crecimiento poblacional que arrojó el muestreo, el cual corresponde al día 7 de Junio. Entre el día 2 y 19 de Junio, es la máxima expresión de la plaga; dato que muestra la capacidad reproductiva en escasos quince días quedando patente la adaptación evolutiva que esta mosca tiene con respecto a su hospedero, este dato es importante con la finalidad de aplicar control biológico.

Los datos mencionados se obtuvieron aún con los factores medioambientales cambiantes y periodos largos de lluvia y frio, sin embargo, la actividad sucede invariablemente en esta fecha ya que para el año siguiente se realizó un muestreo por las fechas señaladas y

el resultado fue el mismo. El principal factor que determina el incremento de población de la plaga está en función de la formación de frutos de capulín.



Gráfica 3. Muestreo general de *R. cingulata* en árboles de capulín con trampas delta.

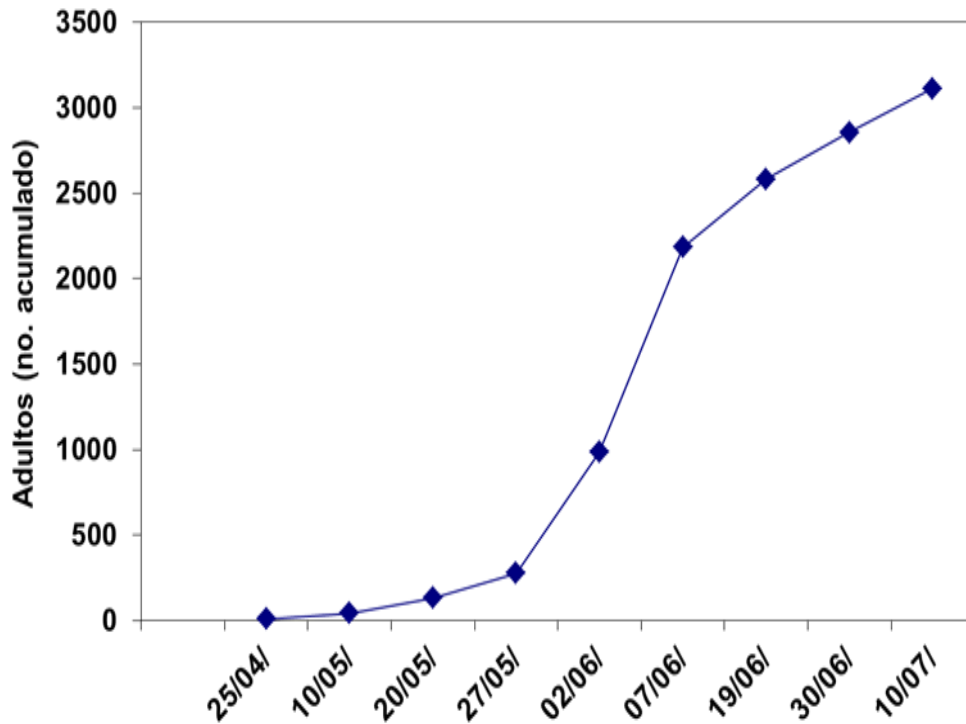
Emergencia de adultos. El gráfico 4 muestra en la misma forma la tendencia de la plaga en los quince días de emergencia en forma acumulada reflejando la estabilización de la misma a finales del mes de Junio y principios de Julio. Son dos formas similares que reflejan la forma biológica de la plaga en cuanto a su emergencia y su capacidad reproductiva.

Actualmente se encuentra sujeto a discusión el hecho de que la plaga surja en ese periodo tan corto de tiempo aún sin tomar en cuenta las condiciones ambientales prevalecientes en el periodo de colecta. Sin embargo se puede deducir que la plaga está adaptada a su hospedero lo cual refleja el potencial reproductivo generado a través del proceso evolutivo.

Los datos de investigaciones anteriores reflejan que *R. cingulata* afecta en la misma forma tanto los Estados Unidos de Norteamérica como en la República Mexicana, esto quiere decir que la mosca afecta a los cultivos en la misma forma y en el mismo mes y en el mismo periodo de quince días que es lo que se reporta para *R. cingulata*.

En *R. indifferens* (Merz, B.1991) hay una variación en cuanto a su emergencia y es que esta mosca emerge en su totalidad a mediados de Julio en EU. Por lo tanto, una de las características del grupo *indifferens* que incluye también a *R. fausta* tiene como

característica principal el ataque a los frutales en forma extremadamente rápida implicando que el metabolismo de este insecto es de los más eficientes en cuanto a su corto tiempo de desarrollo y maduración sexual, sobrevuelo, alimentación y cópula que culminan en tan solo 25 días con la ovipostura y desarrollo de los tres estadios larvales dentro del fruto.



Gráfica 4. Muestreo acumulado de *R. cingulata* en árboles de capulín con trampas delta.

#### 6.1.5. Evaluación del daño de frutos (peso en gr) y presencia de larvas.

El siguiente paso después del trapeo de moscas adultas en los árboles de capulín fue recolectar los frutos para su análisis visual, valoración de los daños, y cuantificación de los mismos.

De tal manera que abajo se muestra dicho análisis a través de llevar a cabo la colecta de frutos totalmente al azar de los diferentes árboles en cuestión, así, se tomaron frutos que aún permanecían en el árbol y también se analizaron los que ya estaban en el suelo; esta tarea se realizó independientemente de su estado de descomposición del fruto dando así homogeneidad al proceso de desarrollo larval.

En la gráfica 5 se expresa el peso de los frutos dañados comparativamente con los no dañados visualizando la diferencia entre ellos lo cual refleja una merma no muy evidente



tal y como se ve la gráfica de abajo. Aquí se pudo determinar que a pesar de que los frutos son muy pequeños se puede notar que existe diferencia entre ambos.

Frecuencia de frutos dañados. Para los frutos dañados, se encontró que la frecuencia llega a un punto máximo de la campana con 50 frutos los cuales se ubican entre 1.6 gramos y 2.1 gramos. Se debe mencionar que la disminución de peso en los dañados se va haciendo notable desde los frutos más pequeños que llegaron a pesar entre 0.7 y 0.9 gramos conforme va aumentando el tamaño del fruto, al mismo tiempo va aumentando el peso aunque es evidente que el peso cuantificado no corresponde a la media de peso natural en comparación con los no dañados.

En la frecuencia en el peso de 40 frutos, estos se acercan ya al pico de la campana con aproximaciones de 1.6 a 1.8 gramos en promedio. Podemos notar que la frecuencia de frutos con mayor peso van disminuyendo en número ya que la frecuencia en peso de 2.2 gramos en dañados solo se registran 16 frutos; para frutos dañados con mayor peso, este se ve drásticamente disminuido ya que los dañados con 3.4 y 3.6 gramos solo se registran tres frutos.

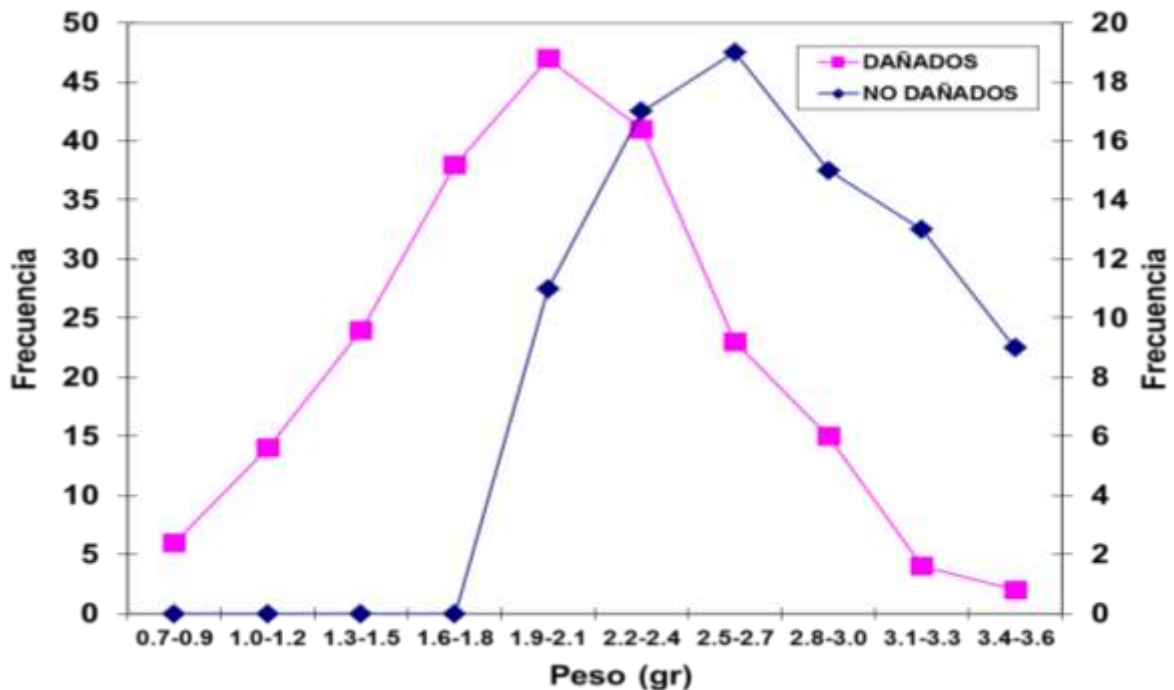
Por lo tanto, es evidente que estas moscas tienen preferencia por los frutos de tamaño medio que oscila entre 1.6 y 2.7 gramos, esto es visible comparativamente con la tendencia de daños en los frutos que presentan ese peso. El daño real en frutos de mayor tamaño y peso es casi inexistente, lo cual evidencia la tendencia de la plaga por los los frutos de tamaño mediano..

Al comparar las frecuencia de ambos frutos, se puede notar que existe casi un gramo de diferencia en los que tienen pesos muy cercanos, ya que los no dañados en su punto máximo de la campana esta en 1-9 gramos y los no dañados su punto máximo de la campana se encuentra en 2.7 gramos.

En los no dañados no se registran pesos de 0.7 gramos en ningún caso y la media inicial esta en 1.8 gramos; queda evidente que los que sufrieron daño, fueron mermando su peso desde el inicio del desarrollo de las larvas que se encuentran dentro del fruto; ahora bien, se tiene que determinar el hecho de que el fruto puede contener mas de una larva con lo cual disminuye el peso del fruto mas rápidamente; es por esa razón que en dañados encontramos frutos con pesos mínimos de hasta 0.7 gramos comparativamente con la media de los no dañados que es de 1,6 gramos.

Se puede argumentar que el daño de 0.9 gramos no es relevante, sin embargo, si escalamos el peso del fruto con respecto a frutos más grandes, podríamos hacer inferencias de que esta cantidad aparentemente pequeña, representaría un gran daño en frutos con mayores dimensiones.

El peso máximo de un capulín es de 3.6 gramos, si a esta cantidad le restamos un gramo estaríamos hablando de una merma de casi un tercio del peso total del fruto y es aquí donde se hace evidente el severo daño que esta plaga inflinge a los frutos de capulín.



Gráfica 5. Comparación del peso de capulines dañados por *R. cingulata* y los no dañados.

Para complementar y visualizar los daños causados por la plaga después de la cosecha, se procedió a la adquisición de capulines a granel en los diferentes mercados del D.F. Ozumba, Chalco y Texcoco estado de México, obteniendo lo siguiente:

se colocaron los frutos en peceras de 50 lt. con cubierta de mallasombra para evitar la interferencia de otros insectos dentro de recipiente para dar continuidad al desarrollo de la plaga y se observó que un 80% del total de capulines esta infectado por los diferentes estadios larvales indicando con esto que la mosca oviposita en diferentes etapas de maduración del fruto; esto implica que las larvas son comidas por los consumidores debido a que el tamaño de las las larvas y el daño que producen no son muy visibles; razón por la cual se consumen sin una revisión previa pudiendo desencadenar severos problemas gastrointestinales.

El capulín se ha caracterizado porque es un fruto que al comer en exceso se dice que ocasiona malestares estomacales, sin embargo esta situación pudiera deberse a la presencia de sustancias tóxicas producidas por la descomposición del fruto y por la actividad de las larvas las cuales también pudieran tener algunas bacterias producto de su metabolismo.

En la actualidad no hay registros de enfermedades causadas por el consumo de capulines pero que además se le atribuyan a la descomposición bacteriana ocasionada por las larvas.

Las larvas de tercer estadio fueron seleccionadas para la pupación; las de primer estadio se conservaron en alcohol al 70% y fueron depositadas en laboratorio de Artropodos de la UACH. Se observó que las larvas de segundo estadio mueren dentro del fruto por la falta de alimento.

Es importante mencionar que la plaga continua su ciclo aunque el fruto ya no tenga abastecimiento de agua y nutrientes para su desarrollo, por lo tanto, las larvas permanecen dentro del fruto donde continúan su desarrollo hasta convertirse en pupa conservandose así hasta el siguiente año; este aspecto muestra la gran adaptación que la mosca tiene para explotar el recurso. Dicha adaptación representa un gran riesgo para la fruticultura nacional.

Se hicieron observaciones que sugieren que los frutos que están todavía en el árbol generalmente no tienen larvas aunque estén bien maduros; se ha visto claramente que los frutos infectados son los que están en el piso y se pudiera inferir que que la eclosión de la larva sucede en el fruto que está a punto inclusive de fermentarse (se encontraron larvas de tercer estadio en frutos prácticamente degradados) y esta condición parece agradarles a las larvas mucho más que un fruto sano y turgente.

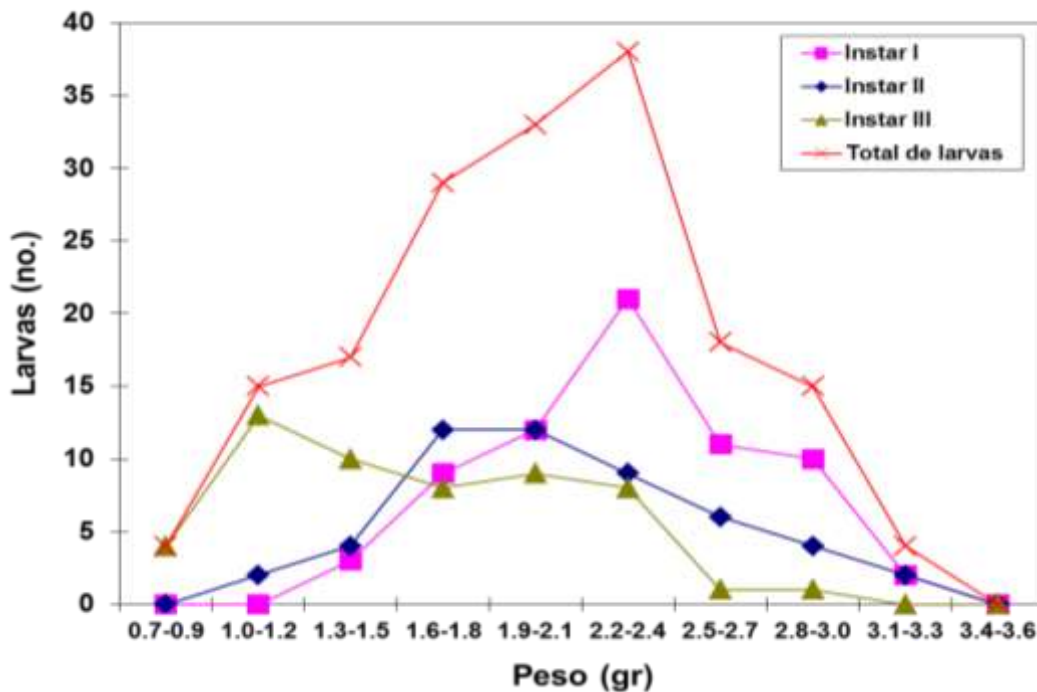
Por otro lado, se observó que los organismos capturados para fines de junio y principios de julio, son de menor talla que los que se encontraron en días anteriores y que formaron parte del pico de la campana tal y como se muestra en la gráfica; esta apreciación de tamaño de los ejemplares tardíos se deberá corroborar en otro experimento ya que de ser una observación comprobable, esta tendría implicaciones ecológicas en el desarrollo de la plaga.

La gráfica 5 mostró que los capulines dañados son de menor peso que los no dañados, sin embargo, al relacionar los graficos de peso con los del número de larvas, se encontró que los datos están directamente relacionados ante el peso del fruto dañado como al número de larvas encontradas en cada uno de ellos.

De tal manera que no se encontraron larvas de ningún estadio en frutos con 0.7 y hasta 1.2 gramos; esto puede indicar que la mosca no es atraída por los frutos de menor tamaño, por lo que los frutos no contienen larvas de esta mosca; la explicación pudiera ser porque evolutivamente si una mosca ovipositará dos huevos en un solo fruto, las larvas tendrían pocas probabilidades de subsistir dado el poco alimento que disponible por el tamaño del capulín. Esto quiere decir que de alguna manera los organismos pueden reconocer la conveniencia en cuanto a tamaño del fruto para asegurar el desarrollo del ciclo biológico de la plaga; esto podría considerarse como una de las grandes estrategias biológicas de adaptación que la plaga ha desarrollado dentro de la evolución.

En la gráfica 6 se comprueba este suceso y se muestra a través de la disección de los frutos de capulín donde se procedió a la extracción de las larvas de los tres estadios; las larvas fueron separadas por tamaños; al mismo tiempo, los frutos se fueron pesando

individualmente para proceder a la extracción del material biológico su posterior comprobación de la relación existente entre el peso y el número de larvas encontradas.



Gráfica 6. Relación del no. de larvas de *R. cingulata* con respecto al peso del fruto del capulín.

Las larvas de tercer estadio fueron ocupadas para elaborar las cámaras de pupación, se debe de elegir el último estadio de la larva ya que la plaga en sus fases iniciales no tiene el tamaño ni la fortaleza para vivir fuera del fruto. Se encontró que no sobrevive prácticamente ninguna larva de los dos estadios primarios, inclusive se llegó a tener un 30% de mortalidad en lasvas de tercer estadio. Así mismo, se probaron dietas con melaza y sustancias afines para que las larvas culminaran su ciclo e iniciar la pupación.

Para sustituir la mortalidad y completar el número de larvas, en forma experimental se dejaron varios frutos sin disectar permitiendo que la pupación se llevara en forma natural. El resultado fue que de los frutos parasitados se obtuvo un 70% de pupas viables las cuales fueron colocadas en las cámaras de pupación para la emergencia como adultos.

Lo anterior se debe llevar a cabo en un trabajo posterior para la comprobación y cotejo de lo observado en la experimentación, sin embargo, queda como referencia de la investigación que resultará para complementar el presente estudio.

### 6.1.2. Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y presencia de larvas.

Estos parámetros fueron evaluados con la presencia de larvas donde se colocan según el estadio junto con la relación de peso y tamaño del fruto. (gráfica 6).

Se puede deducir que el primer estadio no se detectó en frutos de pesos muy bajos que oscilan entre 0.7 y 1.2 gramos; en esta fase se explica la ausencia por cuestiones ecológicas de supervivencia de la plaga, sin embargo, lo anterior está sujeto a comprobación experimental en un trabajo posterior.

La mayor incidencia de larvas de primer estadio se ubicaron en frutos de 1.6 y 2.8 gramos con un pico máximo en 2.4 gramos con lo cual se determina la tendencia de la plaga por los frutos con pesos muy cercanos entre 2.0 y 2.6 gramos.

El segundo estadio, a diferencia del primero, empieza en frutos de 1.2 gramos pero con muy poca incidencia ya que solo se encontraron tres larvas en toda la revisión; para el peso 1.5 gramos se recuperan cinco larvas. La incidencia de larvas no fue representativa para considerarlos como parte de los daños causados al frutal.

El pico máximo se encontró en frutos con un rango de 1.6 a 2.4 gramos. Sin embargo, existen pesos mayores a 2.8 gramos que tienen representación dentro de la gráfica ya que se encontraron hasta cinco larvas en toda la revisión. En pesos mayores a 2.8 se registran la presencia de dos larvas que definitivamente no se considerarían como porcentajes del proceso de evaluación.

El tercer estadio larval, presenta dos picos de población lo cual sale del común de peso del fruto y número de larvas, el primer pico de la grafica sucede en pesos muy bajos de hasta 1.0 gramos; a la fecha no se tiene una explicación consisa del evento ya que en este peso se registran 13 larvas que salen del patrón general esperado para las tres fases larvarias.

El segundo pico cae dentro del rango utilizado por la plaga registrándose desde 1.6 hasta 2.4 gramos haciendolo estándar al grueso de las otras fases larvarias.

La explicación gira en torno a que pudiera haber cambios climatológicos que obligaron a la plaga a ovipositar en frutos mas pequeños; puede ser también la insuficiencia de alimento, que forzó a la plaga a disponer del recurso en frutos más pequeños. O bien, pudiera deberse a que haya más relación con la fisiología de la planta o del fruto mismo que emiten sustancias que atraen al adulto y que pueden seleccionar de esa manera a los frutos.

Los argumentos anteriores de deben considerar en una investigación posterior para corroborar las suposiciones mencionadas.

#### **6.1.6. Emergencia en cámaras de pupación**

El trabajo continuó con la elaboración de cámaras de pupación tal y como se indicó en la metodología; se desarrollaron las dietas para alimentar las larvas extraídas de los frutos las cuales se colocaron en contenedores plásticos junto con el alimento preparado y la fase larvaria correspondiente.

La dieta empleada para el desarrollo de las larvas (Aluja,1983), no funcionó para las larvas de primero y segundo estadio. La mayoría de ellas murieron después de unas horas de haber sido extraídas de los frutos. Se sugiere para este género de moscas, elaborar una dieta afin al tipo de nutrientes provenientes del fruto hospedero y el término del ciclo larval evitando la mortandad de los organismos.

En las larvas de tercer estadio hubo mortandad del 30% después de la extracción, las larvas prácticamente ya no se alimentaron, no aceptaron la dieta artificial, por lo tanto, se dejaron pupar libremente. Estrategia que se siguió utilizando durante todo el experimento debido que fue la mejor alternativa para la sobrevivencia de las larvas.

La alimentación artificial de larvas a base de dietas, no dió los resultados esperados, con lo cual queda abierta la posibilidad de diseñar dietas especiales que contribuyan eficientemente a la culminación del ciclo de vida, tal y como se planteó en la metodología del presente estudio.

La extracción de larvas se realizó en dos fechas: 22 de Junio de 2001, y 5 de Julio de 2001. En base a lo anterior, se procedió a esterilizar el material de cristalería, así como el sustrato donde fueron depositadas todas las larvas de tercer estadio.

De las larvas y puparios mantenidos en observación no se obtuvo presencia de parasitoides. Algunas pupas (%) de un hongo donde el micelio era de color marrón y que es muy parecido a la tinción que los capulines dejan como residuo de sus componentes. esto se sugiere que a pesar de los procesos de asepsia que no permitieron la presencia de ningún hongo en la parte externa de la pupa, esta se llega a degradar por el hongo, el micelio de color marrón sale de la pupa.

Esta observación representaría igual que las anteriores, un complemento importante para el conocimiento integral de la plaga, sin embargo formaría parte de otras investigaciones posteriores.

Debido a que estos organismos son univoltinos, los resultados de emergencia de los adultos se inició en el mes de abril del año 2002. Estudios posteriores fueron conducidos a partir del mes de julio de 2013 hasta el mes de abril del 2014. el periodo de diapausa según lo encontrado experimentalmente es de siete meses tal y como se muestra en la gráfica 5, en contraposición con lo encontrado en la revisión de literatura que menciona el periodo de diapausa de un año (Bush, 1966). Definitivamente esto pudiera estar asociado a otras áreas del país o bien, a otras especies del grupo, tal es el caso de *R. fausta* donde se refiere la diapausa de un año.

El 90% de las emergencias en los puparios ocurrió durante la noche ya que las revisiones por lo general se llevaron a cabo durante el periodo matutino entre las 8 y las 10 de la mañana. De igual forma es una observación que queda sujeta a comprobación experimental en trabajos posteriores.

Los adultos se registran por primera vez el día 10 de abril con dos hembras, a partir de esta fecha las revisiones se realizaron diariamente para detectar la fecha exacta de aparición de los ejemplares (gráfica 7).

Para el día trece se colectan tres hembras y siete machos, contrario a lo que pudiera esperarse donde la aparición de las hembras debería ser mayor por razones ecológicas, sin embargo la aparición de machos fue dominante en el inicio de la emergencia.

Para el día 22 de abril la emergencia de machos desciende drásticamente y las hembras continuaron emergiendo; en gen

eral esto implica que los machos aparecen primero, sin embargo su emergencia se ve disminuida durante todo el proceso implicando que salen primero por la necesidad de maduración sexual, y en espera de las hembras que al parecer maduran sexualmente más rápido que los machos.

Para el día 25 se registra solo un macho y cuatro hembras, estas siguen emergiendo en forma continua sin que los machos aparezcan al nivel de emergencia de las hembras. Dato que pudiera explicarse debido al periodo tan corto de existencia de la plaga (28 días), entonces los machos emergen de una sola vez y los pocos que se cuantifican en la grafica pudieran no ser representativos. Por lo tanto, si los machos continuaran emergiendo durante todo el mes, sería un desgaste innecesario para la plaga ya que las emergencias tardías no tendrían razón de ser para el desarrollo de este insecto.

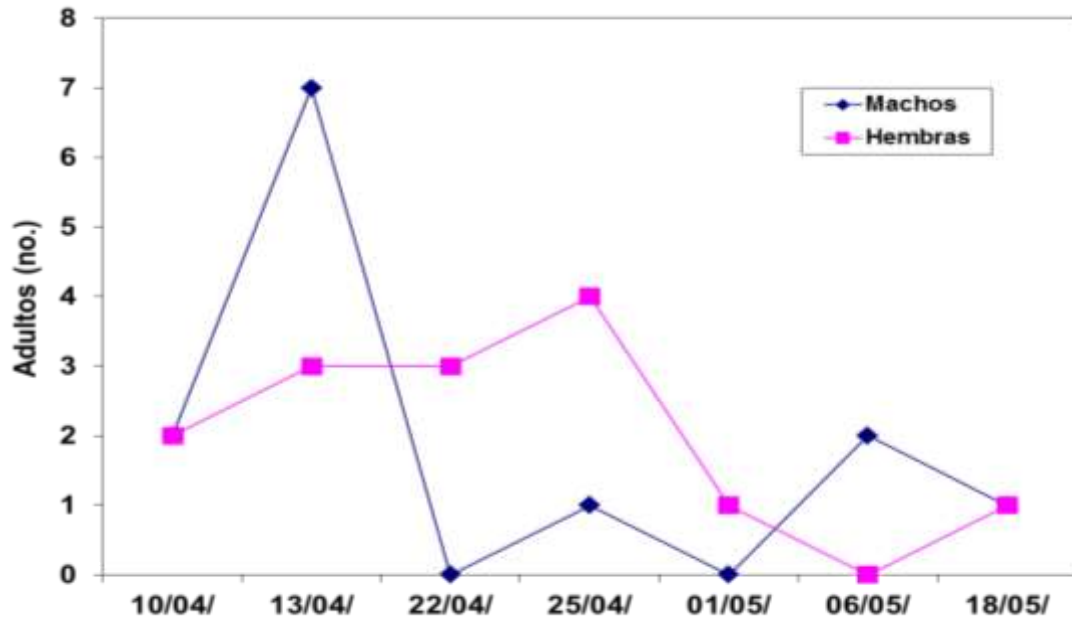
Se puede inferir que los adultos sobrevuelan el árbol durante todo el período del desarrollo del frutal, siendo los mismos organismos que van a parasitar a los frutos debido a que no hay emergencia como para determinar que la plaga terminaría después de la maduración de los frutos, algo que sería inusual en plagas de ciclo muy corto como es el caso de *R. cingulata*.

Para el día primero de mayo se puede observar la tendencia de la plaga a la desaparición en las cámaras de pupación, existiendo durante toda la fenología de la planta y la maduración de los frutos. En esta fecha, no se colecta ningún macho y sin embargo las hembras siguen emergiendo aunque en poca cantidad, pero asegurando la oviposición en frutos que son tardíos, esto quiere decir que ellas pueden ovipositar todavía hasta finales de junio; los ejemplares colectados en trapeo mostraron que en esa etapa ellos son de tallas más pequeñas lo cual se explica porque el recurso va disminuyendo.

Para el seis de mayo, las hembras dejan de emerger repentinamente y se colectan por última vez dos machos. A partir de esta fecha la emergencia se estabiliza y tienden a la desaparición.

Para el 18 de mayo las moscas dejan de emerger y para finales de mayo se detiene totalmente. y las pupas que no alcanzaron a salir, ellas lo harán en el siguiente año, tal y como se refiere en la literatura donde especifica que las pupas pueden permanecer el el

suelo hasta dos años y en algunos casos hasta tres. Esto se pudo comprobar abriendo varias pupas para revisar si eran viables y aproximadamente el 80% de las pupas revisadas estaban vivas.



Gráfica 7. Emergencia en Puparios de hembras y machos de *R. cingulata*.

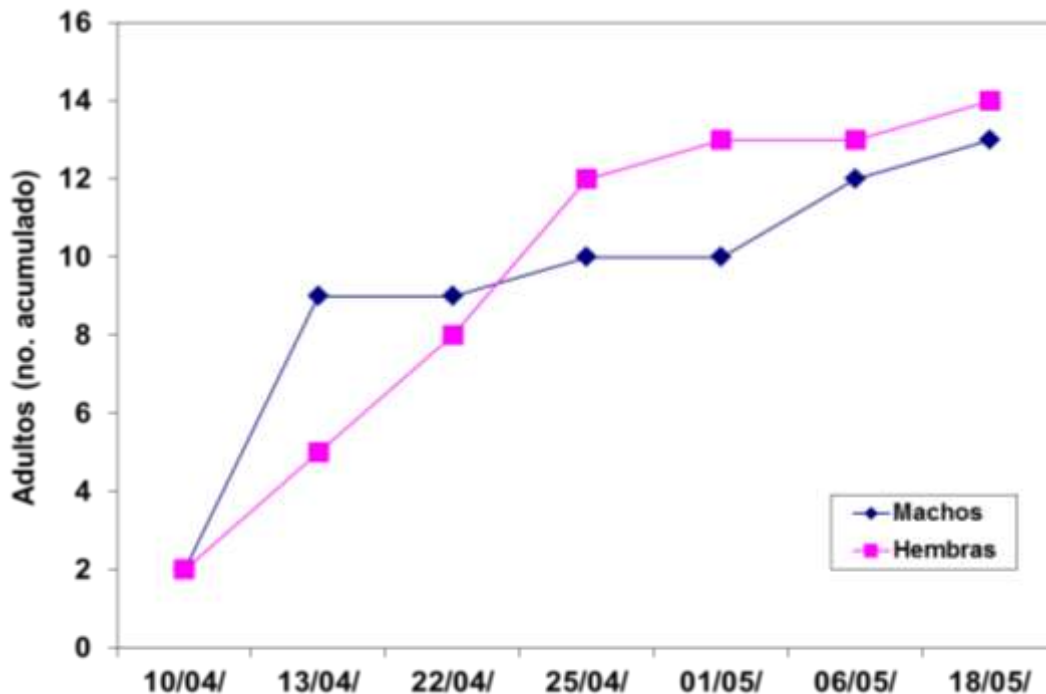
En el gráfico 8 se muestra la emergencia en forma acumulada, es evidente el comportamiento de plaga ya que al evaluar en conjunto los datos tanto de machos como de hembras, podemos concluir que la población tiende al ascenso y en la misma forma se nota la tendencia a la desaparición; es importante considerar la velocidad inicial de emergencias en machos, sin embargo se puede apreciar que la plaga actúa en sincronía con la maduración del fruto. Es muy importante visualizar que esta mosca desarrolla en un corto tiempo todas las fases desde la maduración sexual, cortejo y preoviposición y habla de la gran capacidad de adaptación a la explotación del recurso. En un análisis más detallado del gráfico se puede observar que la emergencia de ambos sexos no muestra diferencias relevantes dado que las líneas siguen un curso muy similar con tendencia a la estabilización de la emergencia.

Otra forma de visualizar la emergencia acumulada es a través de la sumatoria de individuos que resulta en una recta tendiente al equilibrio el cual se da a partir del día 18 de mayo tal y como se muestra en la gráfica 9.

Esta tendencia se puede manejar de forma individual lo cual facilita las observaciones independientes que se manifiestan en los diferentes picos de la gráfica 10, deduciendo eficientemente la aparición y potencial reproductivo de cada sexo.



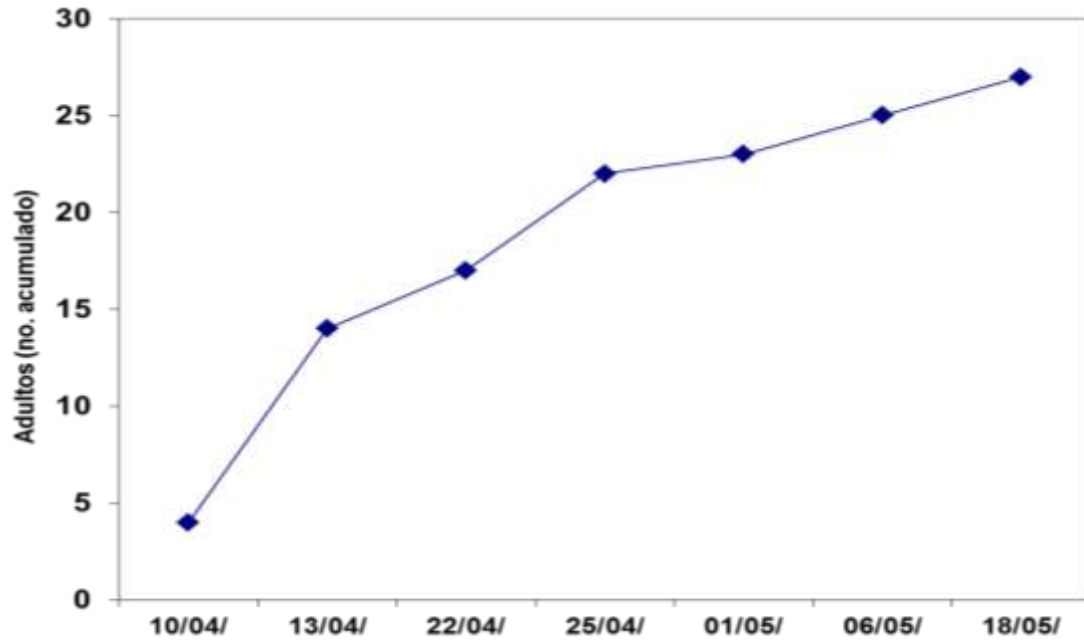
Probablemente la emergencia en puparios de *R. cingulata* haya sido un tanto prematura debido a que hay una diferencia importante con respecto a los ejemplares capturados en los árboles.



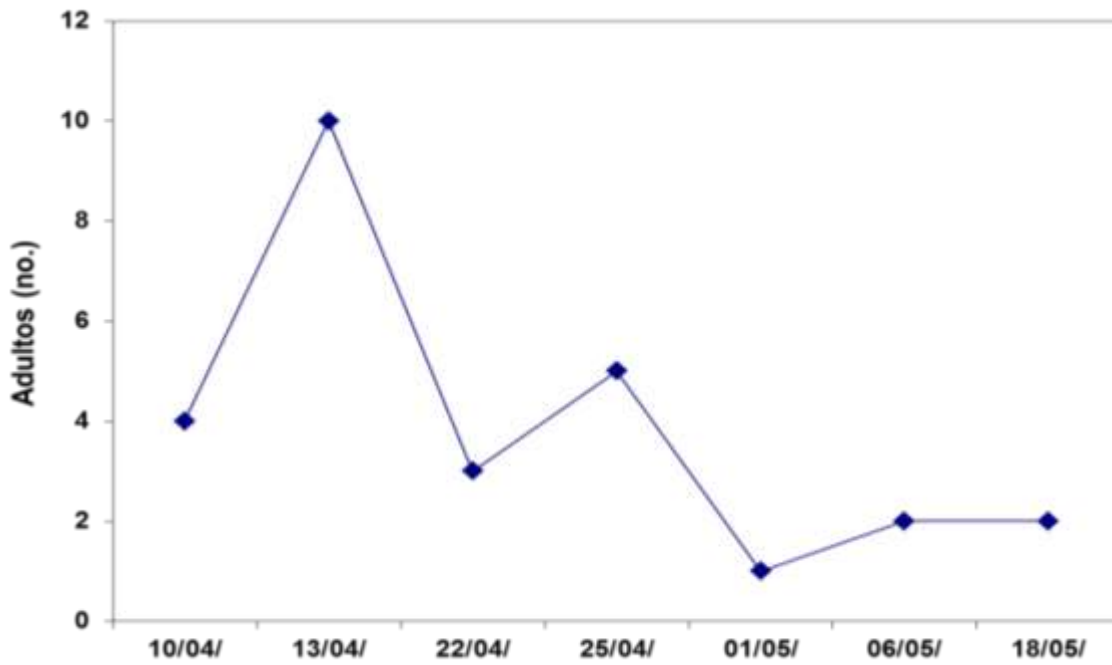
Gráfica 8. Emergencia acumulada de hembras y machos de *R. cingulata* en puparios.

Existe una diferencia de 25 días que podría deberse a que las condiciones de las cámaras de pupación son las ideales y la plaga puede utilizar este recurso para la emergencia.

Las características de la cámara de pupación se refieren a la temperatura y humedad relativa las cuales son diferentes al ambiente natural. Con lo cual la plaga tarda más tiempo en emerger. Esta diferencia muestra que el ciclo de vida controlado artificialmente puede tener fechas diferentes en la emergencia que pudieran afectar los resultados reales, sin embargo, el trabajo aporta conocimientos y avances de la fenología de la plaga.



Gráfica 9. Emergencia total acumulada en puparios de *R. cingulata*.



Gráfica 10. Emergencia total en puparios de *R. cingulata*.

## 6.2. *Rhagoletis zoqui* (Bush)– nogal (*Juglans mollis*)

### 6.2.1. Ciclo de vida de *Rhagoletis zoqui* (Bush)

Otra especie de gran relevancia es *R. zoqui* (Fig. 13), ésta parasita a los frutos del nogal. Aquí en el Valle de México se desarrolla ampliamente con efectos devastadores en la producción.

Existen otras especies de nogal parasitadas por el genero *Rhagoletis* Loew, en diferentes regiones del país; estas son: *R. suavis* y *R. juglandis*, ambas se alimentan de la cáscara de la nuez (mesocarpo) causando pudrición y ennegrecimiento del fruto, motivo por el cual disminuye fuertemente su valor comercial (Figura 1). Cuando el daño es muy severo, la pudrición llega hasta la semilla, dañando la parte comestible (esta plaga esta asociada a hongos fitopatogenos que llevan a cabo la pudrición despues de que las larvas iniciaron el daño.



Figura 13. Adulto hembra de *Rhagoletis zoqui* recolectada en árboles de nogal en Zoyatzingo, México.

En la región de Amecameca *R. zoqui* ha sido uno de los principales problemas en la producción de nogal ya que causa el mayor daño a este tipo de frutales. Aunque el género en norteamérica se encuentra ampliamente distribuido, estas moscas tienen preferencia por ciertas especies de frutales, aunque ellas pueden parasitar el nogal de castilla, *R. suavis* (Loew) que son comunes en toda la parte central de Estados Unidos, distribuyéndose hacia el sur incluyendo México

Para el caso de *R. completa* ésta se encuentra desde Minesota hasta California; sus hospederos principales son: el duraznero (*Prunus pérsica*), nogal blanco (*Juglans cinerea*), nogal negro (*J. nigra*), nogal inglés (*J. regia*), nogal japonés (*J. cordiformis*)

ailantipholia) y de Arizona (*J. major*), todas ellas barrenan y se alimentan de la envoltura externa de los nogales.

Huevo: mide aproximadamente un mm. De longitud y 0.5 mm. de diámetro; con ligera variación en su tamaño que depende de la temporada de oviposición. Es casi transparente y un poco recurvado permitiendo observar las estructuras internas, con dos flagelos en la parte posterior de tamaño muy similar a la longitud del huevo.

Larva: el primer estadio se caracteriza por ser hialino, casi transparente e imperceptible, solo se logra ver el daño ocasionado por la descomposición bacteriana que esta larva va dejando a su paso. La cápsula cefálica no se percibe en este instar, sin embargo el gancho bucal se empieza a hacer patente, sus movimientos son muy fuertes comparativamente con el tamaño de la larva. El segundo estadio se manifiesta por la presencia de cápsula cefálica bien definida junto con el gancho bucal bien desarrollado, los espiráculos no son muy evidentes en este estadio. En el tercer estadio: se hace evidente la presencia clara de los espiráculos posteriores (Fig. 14b y 15), así mismo, la segmentación es completamente visible y la región cefálica está totalmente desarrollada, en este estadio la larva es de color café claro a amarillo pálido.

Pupa: de aproximadamente 5 o 6 mm de longitud y de 3 mm de diámetro. Con 11 segmentos visibles de color amarillento cremoso. La capsula cefálica queda como reminiscencia en la cuticula de la pupa (Fig. 14c).

Adulto: es de aproximadamente 1/4 de pulgada (6 mm) de largo, ligeramente más pequeño que una mosca común. Los ojos son verdosos iridiscentes y ocupan la mayor parte de la cabeza. Su cuerpo es de color marrón rojizo. (Fig. 14d). El tórax y escutelo son de color amarillo brillante. Sus marcas de las alas conspicuas hacen que sea fácil de identificar. La hembra es más grande que el macho y su abdomen es más prominente.

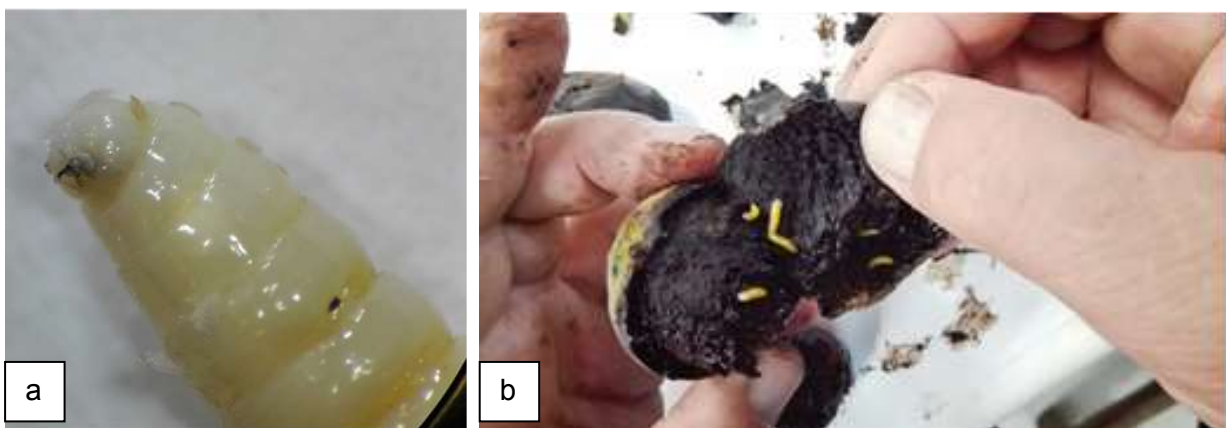


Figura 14. *Rhagoletis zoqui* (a) larva de tercer estadio; (b) obtenida de los frutos recolectados en nogales procedentes de Zoyatzingo, México.



Figura 15. Larva de primer estadio de *Rhagoletis zoqui*, atacando al fruto del nogal.

### 6.2.2. Desarrollo del ciclo de vida *Rhagoletis zoqui*.

Las moscas adultas emergen del suelo a inicios del mes de Junio (moscas que probablemente tengan hasta dos años de pupación debido a condiciones climatológicas adversas). Normalmente son moscas que sobrevuelan cerca del lugar de pupación y lo hacen aproximadamente durante diez días, periodo en el cual se alimentan de los exudados de las plantas, de áfidos y del rocío existente en las primeras horas de la mañana. Terminado este periodo, las hembras entran en un proceso de preoviposición el cual señala la madurez sexual de estos organismos. Los machos sobrevuelan el árbol donde ese encuentran las hembras para después aparearse.

Para finales de junio, cuando los frutos alcanzan un tamaño intermedio, empieza la oviposición. Cada hembra deposita entre cuatro y seis huevos por fruto y éste a la vez es picado por varias hembras dando un promedio de hasta 40 larvas por fruto lo cual depende del tamaño del mismo. Las larvas emergen del huevo aproximadamente entre 5 y 7 días después de haber sido ovipositados debajo de la cáscara del fruto.



Figura 16. Pupas y adulto hembra de *Rhagoletis zoqui*

La larva de primer estadio (Fig. 15) se alimenta vorazmente y va dejando a su paso los daños ocasionados por la descomposición bacteriana y sus desechos, lo cual incrementa la rapidez en la pudrición de los frutos de nogal.

Las larvas de segundo y tercer estadio, se alimentan de la misma forma siendo aun mas severo el daño. Estos dos estadios se desarrollan aproximadamente en dos meses, por lo tanto, para el mes de agosto, los frutos están prácticamente negros de la descomposición causada por esta actividad de las larvas, perdiendo consigo su calidad comercial y comestible. El término del tercer estadio coincide con el proceso de cosecha de los frutos del nogal, repitiendo de esta manera el ciclo de vida en el momento que las larvas se dejan caer al suelo para empezar la diapausa durante el invierno para el siguiente año.

Las hembras adultas de la mosca de la nuez puede ser distinguida de los machos por su ligeramente mayor tamaño, un abdomen puntiagudo con un ovipositor y por el color del primer segmento de sus patas. En las hembras el primer segmento es amarillo, mientras que en los machos va de café a oscuro. Esta característica puede ser vista en un aumento de 10X.

### **6.2.3. Determinación taxonómica**

El nogal corresponde a *Juglans mollis* (Figura 1) y el díptero a *Rhagoletis zoqui* (Figuras 13, 14, 15 y 16).

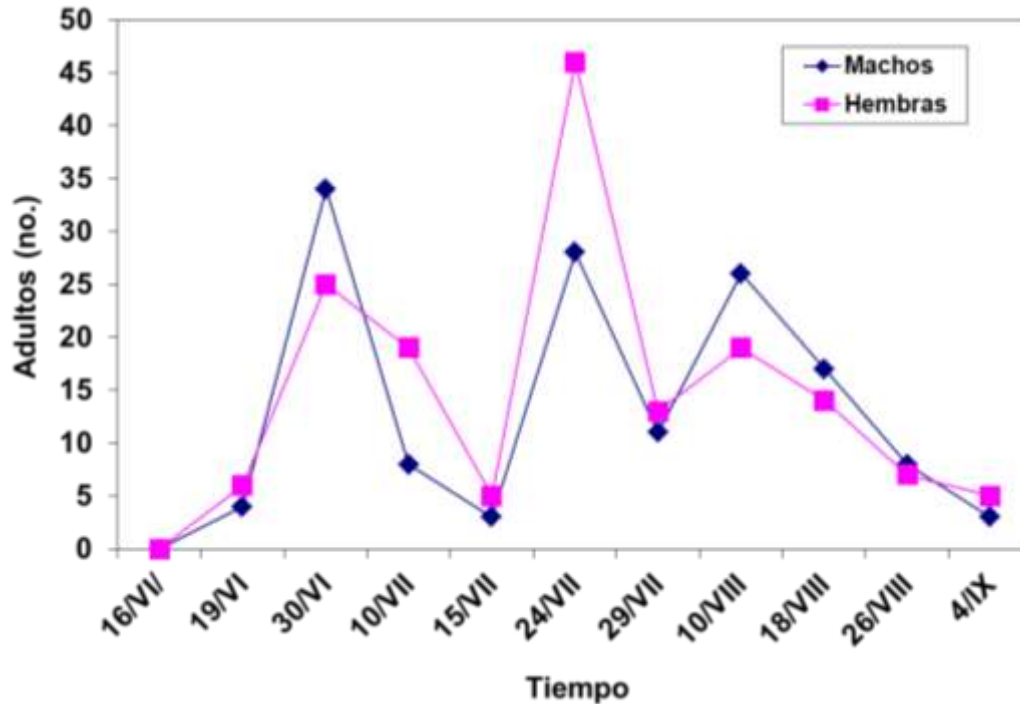
### **6.2.4. Muestreo con trampas delta.**

Las trampas delta fueron colocadas desde principios del mes de mayo para detectar el día preciso de la aparición de adultos de *R. zoqui*; se revisaron semanalmente sin resultados en las primeras 6 semanas (cuatro revisiones de mayo y dos de junio).

En la gráfica 11 se observa que la emergencia de adultos empezó a detectarse a partir del día 19 de junio con seis hembras y 4 machos; a partir de esta fecha la plaga surge precipitadamente ya que la rapidez de emergencia es una característica de este grupo; lo anterior se puede visualizar en la gráfica 11 donde uno de los picos de emergencia sucede el día 30 de junio con 35 machos y 25 hembras; condición muy parecida a la mosca anterior solo que en diferente especie, diferente fruto y diferente fecha, esta emergencia nos habla de la capacidad y las características tan similares de estas moscas lo que las emparenta fuertemente, no solo por su tiempo tan corto de emergencia sino por sus estrategias reproductivas y adaptaciones morfológicas junto con los mecanismos de alimentación y utilización del recurso.

Al igual que en *R. cingulata*, los machos tienen predominancia en los inicios de la plaga sin que siga habiendo emergencias en cantidades representativas, y se considera como un mecanismo de adaptación evolutiva de la plaga para la utilización del recurso alimenticio. A partir de este pico, los machos se ven disminuidos lo cual quiere decir que

la cantidad que emergieron en un inicio, son los que llegan al final del ciclo; por lo tanto se puede argumentar que las emergencias posteriores son pocas comparativamente con las emergencias de las hembras.



Gráfica 11. Población de *R. zoqui* en árboles de nogal. Muestreo con trampas delta a través del tiempo.

Para el día 10 de julio la población de emergencias en ambos sexos disminuye drásticamente debido a las condiciones climatológicas, sin embargo, se logran rescatar 20 hembras y 7 machos; cantidades que se mantienen en un estándar donde las hembras siempre fueron más abundantes que los machos. En esa misma tendencia provocada por las condiciones climatológicas, la plaga llega casi a cero en el día 15 de julio con 2 machos y 5 hembras.

Cuando la condiciones climatológicas cambian, las moscas emergen rápidamente y para el día 24 de julio se capturan 47 hembras y 25 machos; hecho que pone de manifiesto el pico más alto en la gráfica y la máxima emergencia de esta plaga. Se observó que la emergencia puede tener ligeras variaciones que están directamente relacionadas con los factores climatológicos prevalecientes durante la emergencia de la plaga, sin embargo, esta diferencia no va más allá de 3 a 6 días una de la otra, y cabe mencionar que siempre ocurrirá en la tercera o cuarta semana del mes de julio invariablemente.

(Muñiz y Hernández, 2011) reportan para *R. zoqui* en el estado de Puebla un pico máximo de emergencias para el día 30 de julio, condición que pudiera explicarse debido a

que el punto de colecta en Puebla se localiza al lado oriente del eje Neovolcánico y para el caso de Zoyatzingo, esta localidad se ubica al lado poniente de la cordillera; por lo tanto, la temperatura de las dos regiones presenta variaciones de hasta dos grados centígrados y eso pudiera ser la explicación de la diferencia en la misma especie y en zonas muy cercanas entre ellas.

Para el día 29 de julio la emergencia de la población baja sensiblemente con un total de 13 hembras y 10 machos, sin embargo, vuelve a manifestarse un incremento en la población que al parecer está muy relacionado con las variaciones climáticas y para el día 10 de agosto se tienen 19 hembras y 25 machos; situación que marca una diferencia en cuanto la trayectoria de emergencia de la plaga ya que en esta única ocasión la plaga se dispara en la población de machos. A partir de esta fecha la población tiende a su declinación recolectándose pocos adultos.

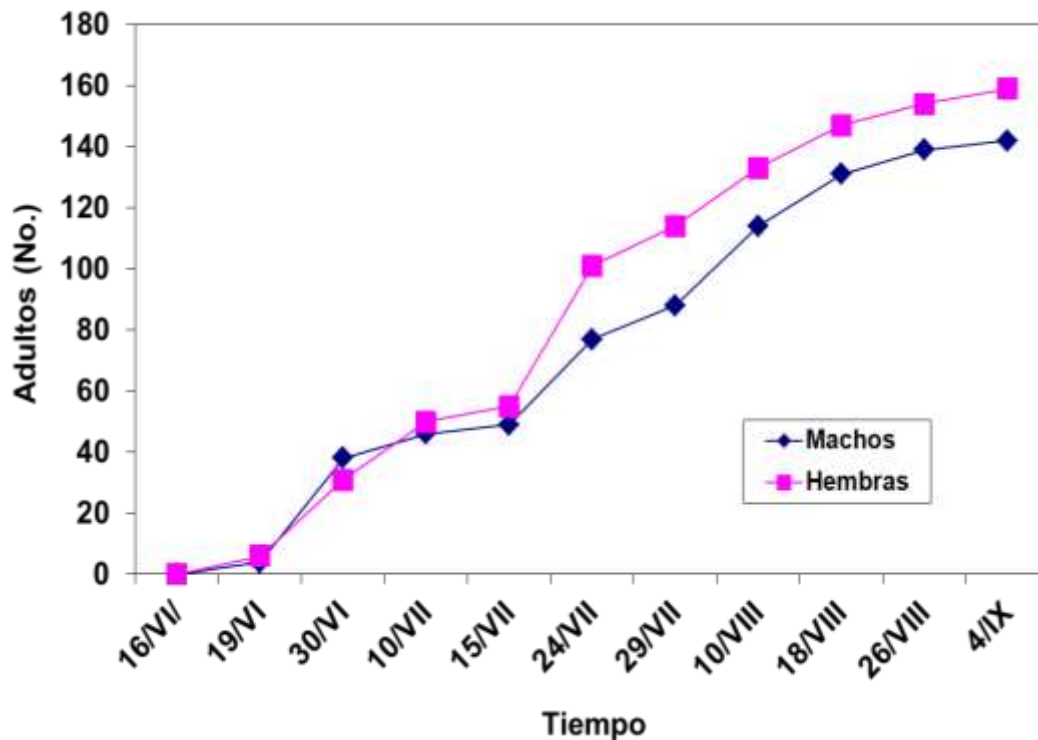
Para el día 26 de agosto se obtuvieron 5 hembras y 6 machos.

La emergencia de los adultos culmina el día 4 de septiembre donde se colectan por última vez 2 hembras y cuatro machos y dado que los adultos empezaron a sobrevolar desde junio, muchos de los frutos ya fueron picados varias veces por las moscas que alcanzaron la madurez sexual antes del mes de septiembre.

La plaga aparece entre el mes de mayo y julio para el estado de Puebla, sin embargo en la región de Zoyatzingo que se ubica al pie del Popocatepetl, la situación es totalmente diferente ya que los factores ambientales que ocasionan que la plaga junto con sus hospederos sean tardíos, tomando en cuenta la maduración en el nogal como del insecto plaga.

En la gráfica 12, se puede observar lo descrito anteriormente; el crecimiento poblacional y el curso de emergencias tanto de hembras como de machos el cual se da en forma lineal donde en primera instancia es exponencial desde el día 16 de junio hasta el día 24 del mismo mes. Sin embargo, se detecta perfectamente su crecimiento en línea recta y su tendencia a la estabilización que se da el día 4 de septiembre, que es el término de la emergencia en adultos de *R. zoqui*; las moscas emergidas en este mes probablemente tengan un periodo corto de oviposición debido a que los frutos ya han sido picados por otras hembras y además ya se encuentran muy maduros; también se debe considerar que existe un marcaje a través de feromonas (Forbes, A. A.; *et al*, 2010), que provoca que otras hembras no ovipositen en el fruto ya utilizado, estrategia que resta probabilidades a las moscas de emergencia tardía. Los datos acumulados son una técnica donde se observa la conducta y tendencias de la plaga desde su emergencia hasta la desaparición en trampas delta que indican el término de la fase de adultos.



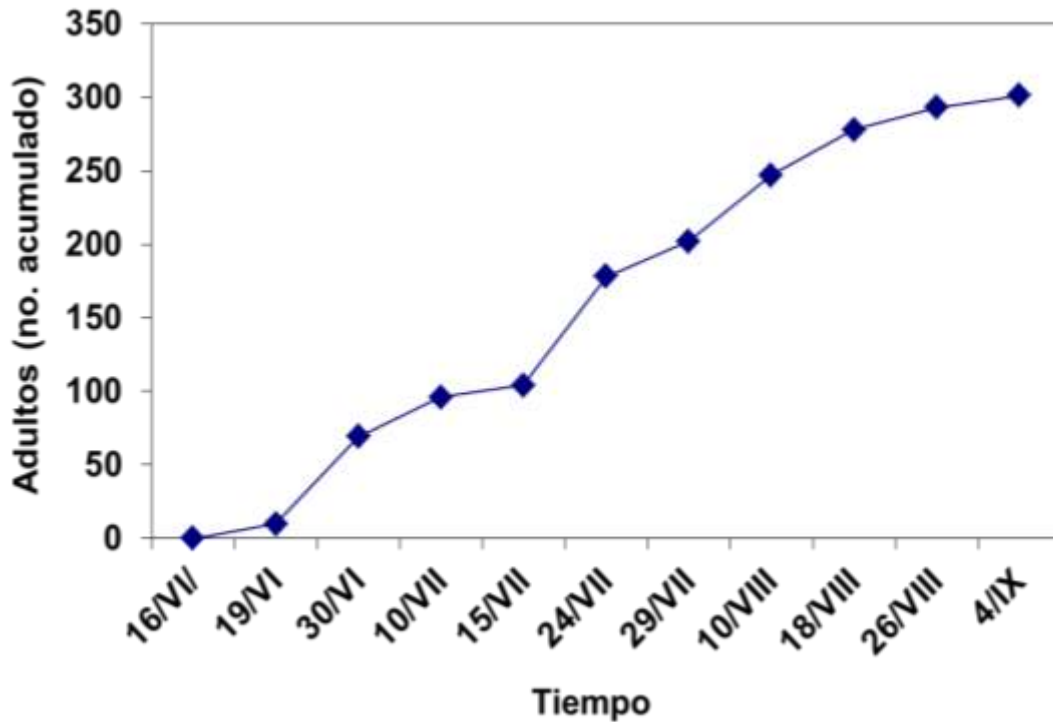


Gráfica 12. Crecimiento Poblacional de *R. zoqui*. Muestreo en árboles de nogal con trampas delta.

El crecimiento poblacional de adultos se ubica dentro de una línea recta que indica el comportamiento anual único para esta plaga; muestra también algunas salientes en la gráfica pero que no son representativas, por lo tanto no se consideran como datos que se ubiquen fuera de la recta que presenta la plaga en su desarrollo. Este comportamiento es rígido en cuanto a su dinámica poblacional debido a que independientemente de los factores ambientales, la plaga aparece en la segunda semana de junio y culmina en la primera semana de septiembre. De igual forma que la mosca anterior, ellas muestran a través del análisis de datos su gran potencial reproductivo en tiempos muy cortos de emergencia y adaptación evolutiva para la explotación del recurso alimenticio, tal y como se muestra en la gráfica inferior.

Por lo anterior se puede decir que todas las especies relacionadas del grupo *suavis* al cual pertenece *R. zoqui*, tendrán un rango de infestación muy parecido; esto quiere decir que invariablemente la familia Jugladiaceae será atacada por esta plaga en los diferentes estados de la República donde esta se presente, así mismo su rango de hospedantes estará sujeto a discusión debido a que en ninguna investigación se registra a *R. zoqui* como plaga de *Juglans regia*, para esta especie de nogal han reportado a *R. completa* como parásito; existe duda en cuanto al hospedero de *R. zoqui* en la región de amecameca donde al parecer es *Juglans mollis* al que parasita esta mosca. Se debe hacer mención que si en la región de Zoyatzingo existieran árboles de *Juglans regia*, ellos

serían parasitados invariablemente por *R. zoqui*, ya que de acuerdo a lo observado, esta mosca no tienen alta especificidad por la especie de Jugladaceae que parasitan por lo tanto, representan un alto riesgo de infestación en cualquiera de las especies de este género deplantas.

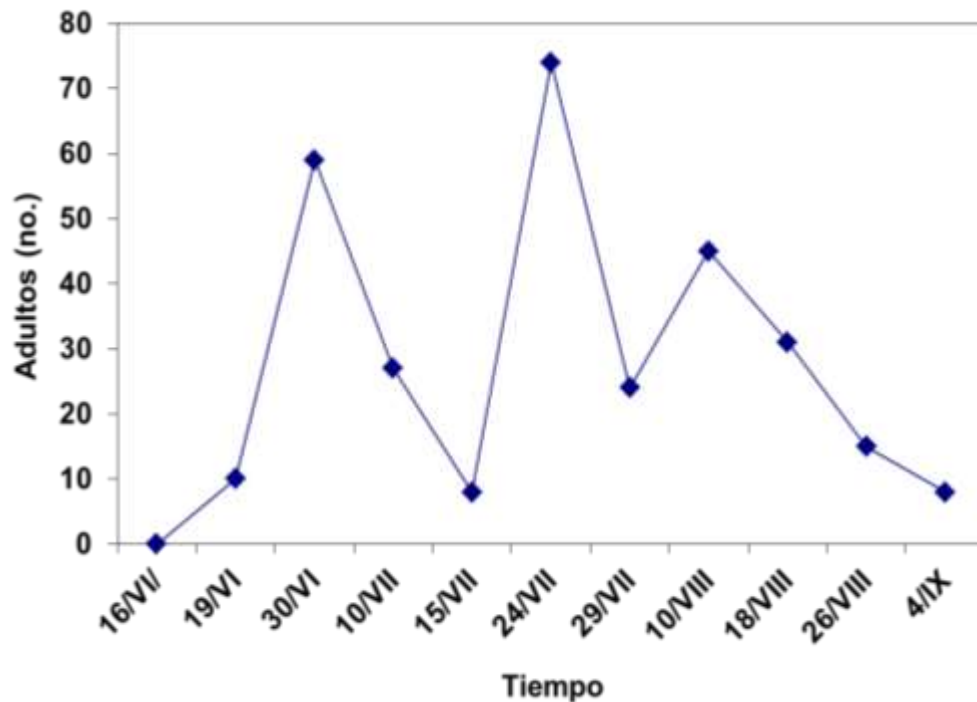


Gráfica 13. Muestreo general acumulado de *R. zoqui* a través del tiempo en árboles de nogal con trampas delta.

Por otro lado, se ha detectado en *Juglans regia* a *R. completa* y a *R. ramosae*, lo cual comprueba que es una especie susceptible de ser parasitada por *R. zoqui*. Es importante decir que las características de las especies de *Juglans* son muy diferentes en cuanto a tamaño se refiere, por decir, *J. regia* mide 30 m. de altura y *J. mollis* solo 15. Esta diferencia en tamaños no representa un obstáculo para la plaga, sin embargo y al parecer en el Estado de México, no se sabe de registros de la existencia de *J. regia*; es importante mencionar que cabe la posibilidad de que los árboles registrados en Hidalgo, Puebla y Tlaxcala pertenezcan a la especie *Juglans mollis* y no a *Juglans regia*.

En el gráfico 14 se muestra en la misma forma, los datos acumulados de hembras y machos y se visualizan los tres picos que coinciden en los porcentajes de ambos sexos que determinaron los datos presentados en la gráfica. Lo anterior muestra que no altera el curso de emergencia de la plaga ya que pudiera esperarse que ella tuviera un

comportamiento diferente en su aparición de machos y de hembras de acuerdo a la biología de cualquier otro insecto.



Gráfica 14. Muestreo general de *R. zoqui* a través del tiempo en árboles de nogal.

### 6.2.5. Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y presencia de larvas.

Al término de captura de adultos y análisis de emergencia, se procedió a la recolecta de frutos. Esta se realizó muestreando frutos del árbol y frutos que en ese momento ya se encontraban en el suelo, esto con la finalidad de homogenizar los datos finales del proceso.

De forma inusual los datos reportados en el gráfico 15 muestran un comportamiento inverso de infestación debido a que lo esperado en cualquier plaga que dañe frutos, por razones de lógica deberían ser más abundantes los frutos no dañados. Un segundo trabajo realizado para corroborar los datos obtenidos en la gráfica de abajo, consistió en pesar de forma independiente frutos de otros arboles de la misma región; los resultados esperados fueron los mismos que los que se presentan en la gráfica, por lo tanto, es aceptable decir que en el caso de la plaga del nogal *R. zoqui*, afecta en un 60% al total de la producción de nogal.

Los frutos con pesos de 26 gramos no fueron utilizados por la plaga ya que en toda la revisión solo se encontraron 4 frutos dañados y 2 no dañados. Es evidente que muy pocas hembras llegan a ovipositar en frutos tan pequeños.

Existe un leve aumento en la oviposición en los frutos con 30 gramos detectando 11 dañados y 7 no dañados; para los de 34 gramos prácticamente no se registran cambios ya que los datos de peso y número de frutos se mantiene casi igual, indicando entonces que la plaga no tiene preferencia por este tamaño.

Se observa que para los frutos de 38 gramos ya existe más incidencia de la plaga, detectándose 24 dañados y 23 no dañados. Es importante recalcar que a partir de aquí, las moscas bajo algún mecanismo que se desconoce, detectan las dimensiones del fruto lo cual se comprueba por la cantidad de material dañado en esa frecuencia pesos y número de frutos y por lo tanto es el inicio del pico más alto en la gráfica 14. Se considera entonces que el rango fuerte de ataque de la plaga inicia en los frutos que presentan 38 gramos.

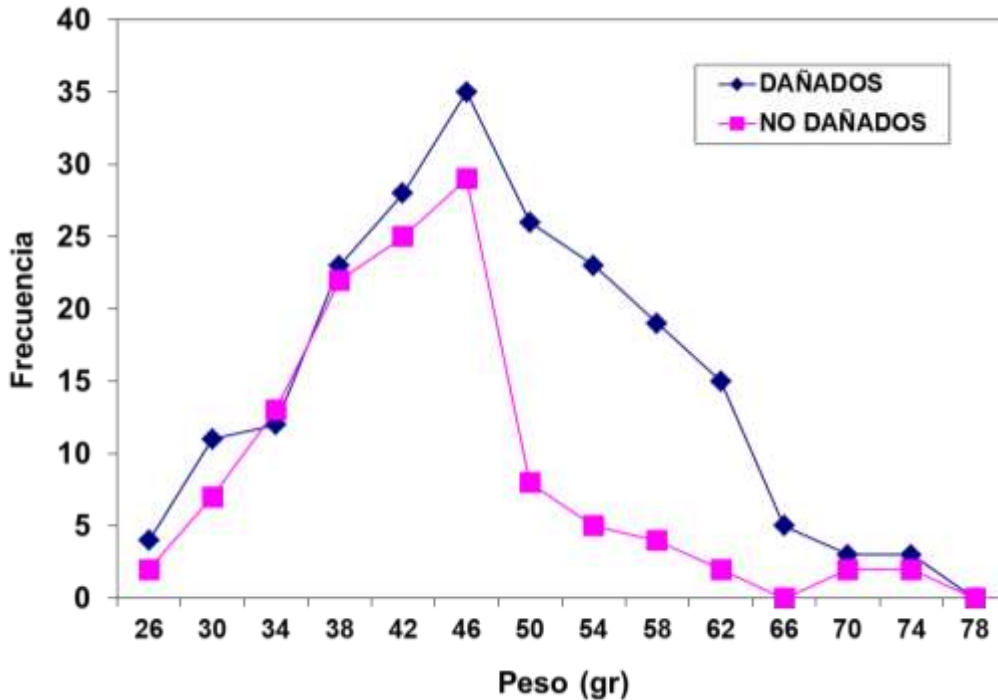
En frutos con 42 gramos, la frecuencia de parasitismo fué mucho más alta que la anterior y es el muestreo inmediatamente inferior al pico máximo de desarrollo de la plaga. Una observación que no debe perderse de vista es que durante todo el proceso, los frutos dañados siempre fueron los más abundantes y con mayor peso comparados con los no dañados. Esta situación podría considerarse un evento aislado de la plaga, sin embargo, este análisis se debe contemplar en un trabajo complementario a esta tesis ya que seguramente el proceso tiene muchas implicaciones ecológicas del desarrollo de la plaga.

La parte más importante del desarrollo de la mosca se encuentra aquí, en frutos de 48 gramos, siendo en este punto la frecuencia más alta y el pico más representativo de incidencia en frutos dañados. Existe predominancia de los frutos dañados que tiene mayor peso que los no dañados. En este punto se tienen 36 dañados y 30 no dañados.

En la gráfica 15 se observa que en frutos 50 gramos de peso, las moscas ya no explotan el recurso en la misma forma que en el peso anterior, de tal manera que se tienen 25 dañados y solo 6 no dañados.

Por lo anterior, queda evidente que la plaga tiene gran afinidad por pesos que presentan un rango entre los 38 y 48 gramos y es en este intervalo donde la plaga tiene mayor incidencia.

Sin embargo, en los siguientes puntos de la gráfica, entre los 50 y los 62 gramos, la plaga persiste aunque no de la misma forma que en las fechas anteriores. Es claro que en estos puntos la incidencia fue mayor comparativamente con los de menor peso, lo cual indica que de cierta forma, las moscas tienen más afinidad por los frutos ligeramente más grandes que incluyen por supuesto a los de 48 gramos.



Gráfica 15. Comparación del peso de frutos de nogal dañados por *R. zoqui* y los no dañados.

A partir de los 66 gramos, la utilización del recurso ya no es distintiva debido a que solo se registran unos cuantos frutos dañados. De esta manera se comprueba que los frutos con pesos mayores a 67 gramos definitivamente están fuera del alcance de esta plaga; de igual forma, esta condición deberá explicarse a través de conductas y comportamientos ecológicos que quedan fuera del alcance del presente estudio.

De acuerdo con los datos obtenidos (Gráfica 15) se considera que los daños se incrementan conforme avanza la madurez del fruto, expresado como incremento de tamaño y peso, prefiriendo los frutos de 48 gr.

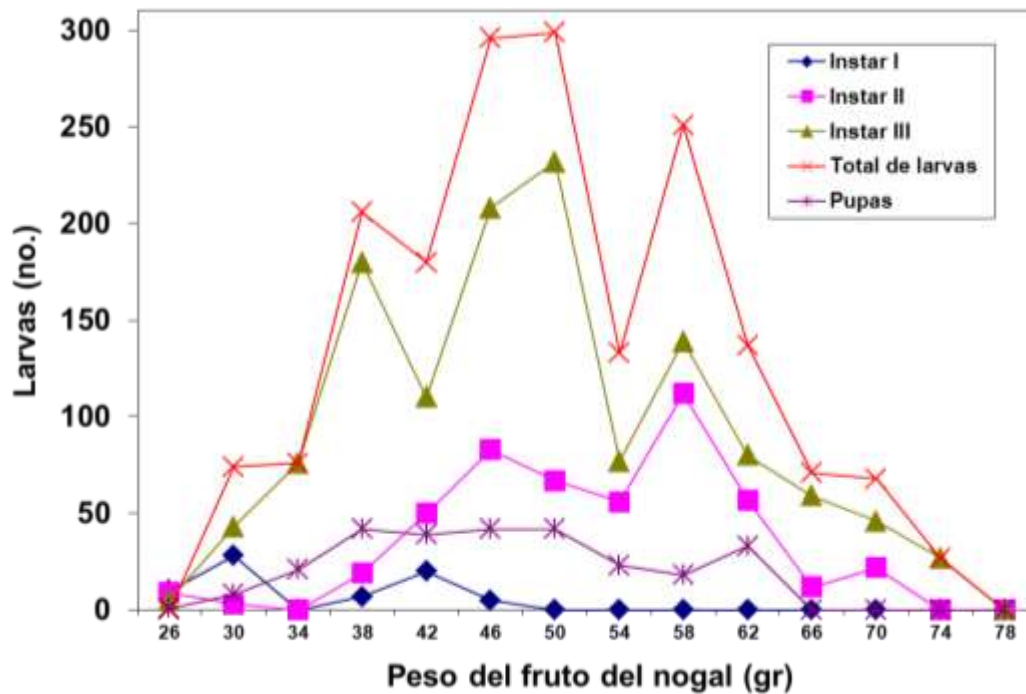
Cuando hubo terminado el proceso de medir y pesar los frutos para valorar los daños causados y el grado de infestación de la plaga, el proceso continuo en el laboratorio con la disección de los frutos y la extracción de las larvas de los diferentes estadios. Se analizaron 400 frutos de nogal en el Laboratorio de histología y Citología General de la UACH.

Las larvas de primero y segundo estadio invariablemente murieron después de haber sido depositadas en la dieta que se preparó previamente. Las larvas de tercer estadio también fueron colocadas en la misma dieta pero los resultados definitivamente no fueron los esperados ya que las larvas se salían de la mezcla preparada para pupar fuera de ella, de esa manera es como se les permitió su libre pupación devolviéndolas al fruto donde

fueron extraídas. Las larvas obtenidas fueron contabilizadas y separadas por tamaños según la etapa a la que correspondan encontrando lo siguiente (gráfica 16).

La incidencia de larvas de primer estadio fue muy baja en la mayoría de las disecciones realizadas; se puede observar que en los frutos con 26 gramos, estos no fueron picados por las moscas, comprobando nuevamente que en pesos bajos la plaga no causa daños. Sin embargo, para los 30 gramos se registran 25 larvas.

En frutos con 34 gramos baja a cero el registro y en 38 gramos se contabilizan 8 larvas que son seguidas en por un ligero aumento con presencia de 20 larvas. A partir de este punto la gráfica tiende al equilibrio hacia cero ya que en los demás pesos no se registra ningún organismo; situación que se explica porque el muestreo de frutos pudo haber sido extemporáneo trayendo como consecuencia que no se detectaran larvas de primer estadio en todo el proceso de extracción.



Gráfica 16. Relación de las larvas de *R. zoqui* con respecto al peso del fruto del nogal.

Para el segundo estadio, no se registran larvas en frutos de 26, 30 y 34 gramos; es hasta los 38 gramos cuando empiezan a aparecer los ejemplares registrándose un total de 20 larvas en esta etapa de desarrollo del ciclo de vida.

Para los 42 gramos hay un aumento considerable debido a que se registran 50 larvas, lo cual indica que la tendencia de la plaga es la utilización del recurso a partir de estos pesos, aunque en menor escala; sin embargo este punto de muestreo está en íntima relación con la gráfica de frutos dañados donde al comparar la población de larvas con el tamaño de los frutos, se hace evidente que en ambas partes la plaga tiene afinidad por un

tamaño determinado con rangos muy selectos los cuales se mencionaron en la gráfica de pesos junto con los daños causados a los frutos.

A partir del punto 38, las larvas de segundo estadio se van haciendo cada vez más evidentes de tal manera que de los 42 a los 54 gramos hay un registro muy parecido en cuanto a número de larvas y coincide perfectamente con el pico de pesos en frutos dañados, compruebándose una vez más la tendencia de la plaga con respecto al tamaño específico de los frutos que son parasitados por las moscas.

En el gráfico 16, se puede observar que de 54 a 58 gramos sufre un aumento considerable contabilizando 110 larvas y forma parte del pico más alto con respecto a la abundancia de segundo estadio en frutos con ese peso que es el tamaño ideal de preferencia por las moscas.

Los frutos con 62 gramos, se ven menos afectados en su incidencia por la plaga debido a que se va acercando a los que nos son de interés para ser parasitados por las moscas, otra similitud que se debe tomar en cuenta ya que con esto se comprueba que no hay variabilidad en la tendencia de la plaga por un determinado peso en los frutos seleccionados.

En los frutos de 66 gramos, la plaga prácticamente esta ausente. Solo se manifiesta un pequeño aumento a los 70 gramos pero no representa un porcentaje significativo en los daños causados por la mosca. Por lo tanto, se comprueba una vez más la afinidad de la plaga por el rango de peso entre 38 y 58 gramos; datos que fueron cotejados a lo largo del proceso y que ecológicamente o fisiológicamente considerando la madurez del fruto, deberán tener una explicación para este comportamiento tan específico de la plaga.

En definitiva, los frutos con 74 y 78 gramos, quedan excluidos del daño ocasionado por *R. zoqui*. De aquí resulta una estrategia que podría redundar en el beneficio de los productores y es precisamente la domesticación de árboles frutales con producción de frutos grandes por arriba de los 66 gramos de peso. De alguna manera esto representaría una gran solución al problema de la plaga la cual actualmente no cuenta con un método de control, además de que los productores la desconocen, solo conocen los daños ocasionados y se han aplicado algunas técnicas ancestrales para el control pero sin resultados evidentes.

Las larvas de tercer estadio fueron las más abundantes y representativas de todo el muestreo ya que desde el inicio en el punto de frutos de 30 gramos se registran un total de 45 larvas siendo la más evidente de las tres etapas de desarrollo. A diferencia de las anteriores, la población de las larvas de tercer estadio se incrementa considerando el tamaño del fruto, en los 34 gramos se tienen 70 larvas, en los de 38 gr. Se obtuvieron 190 larvas.

En los frutos con 42 gramos se evidencia una caída en la gráfica que llega a 110 larvas. el análisis en el punto 50 gramos fue evidente la gran afinidad de la plaga por estos

tamaños lo cual comprueba la hipótesis de que estas moscas prefieren ese rango de peso.

El punto máximo de incidencia de la plaga se dio en los 50 gramos con un total de 250 larvas. Nuevamente se hace evidente al pico más alto con respecto a la abundancia de la plaga en frutos que oscilan entre los 38 y 58 gramos.

Los registros acumulados en los 54 gramos sufren una baja considerable porque llegan a 70 larvas pero a pesar de ello, este peso sigue conservándose dentro de los frutos más parasitados. La reducción en el número de larvas se ve seguida por un aumento muy evidente en los 58 gramos donde se registran 150 larvas. Este punto es crucial para el estudio porque es el punto de separación entre los frutos parasitados y los que no han sido dañados. La teoría indica que este punto es el límite de peso para ser parasitados. A partir de este punto, se observa una tendencia a la menor incidencia de la población de *R. zoqui*.

los frutos con 70, 74 y 78 gramos, la plaga tiene una baja incidencia que sin embargo no es representativa, de acuerdo con los datos, la plaga tiene un comportamiento sin variaciones en su forma de ataque y daño a los frutos del nogal.

En la gráfica se encontró que hay gran afinidad en los datos remarcándose los tres picos que coinciden con los pesos de frutos y con el número de larvas. En conjunto muestran la preferencia y afinidad que la plaga tiene por los frutos entre los 38 y 58 gramos.

Un dato que debe remarcarse es que por primera vez se observa que una parte importante de larvas pupa en el suelo ya que muchas de ellas lo hacen dentro del fruto y allí permanecen hasta el siguiente año.

#### **6.2.6. Emergencia en cámaras de pupación.**

Una vez terminado el trabajo con las larvas se procedió a la elaboración de cámaras de pupación bajo la técnica mencionada en la metodología. Este proceso se llevó a cabo recolectando todas las pupas que se formaron a partir del tercer estadio. Se colocaron un total de 50 pupas en cada cristalizador con las condiciones de asepsia de rigor para esperar la emergencia en el año siguiente debido a que estas moscas son univoltinas con una sola emergencia anual.

Los resultados obtenidos en la gráfica 17, mostraron que la emergencia de adultos no corresponde con lo observado en condiciones naturales con las trampas delta. Por lo tanto, se puede decir que esta plaga en condiciones de laboratorio tiene una emergencia totalmente diferente a lo que se presenta en la naturaleza ya que en campo las colectas de adultos se inicia en el mes de junio a diferencia de los puparios donde la emergencia inicia en febrero. Pudiera pensarse que mayo sería el inicio de emergencia, sin embargo, el comportamiento en cautiverio mostró resultados muy diferentes.



Se puede observar que a diferencia de *R. cingulata*, *R. zoqui* tiene mayor abundancia de hembras en las cámaras de pupación, aunque también sucede lo mismo en la colecta de adultos en trampas delta donde la abundancia la mayor abundancia correspondió a las hembras.

El día 5 de febrero se registra por primera vez la emergencia de adultos con 4 hembras y 1 macho. Como se muestra en el gráfico 17, la predominancia de las hembras se mantuvo arriba de las emergencias de los machos, estrategia que coincide con lo propuesto en los procesos ecológicos donde las hembras deben ser más abundantes por el hecho de que ellas llevan la carga reproductiva; un caso inverso se da en *cingulata* donde los machos son más abundantes que las hembras siendo una situación fuera del tema ecológico.

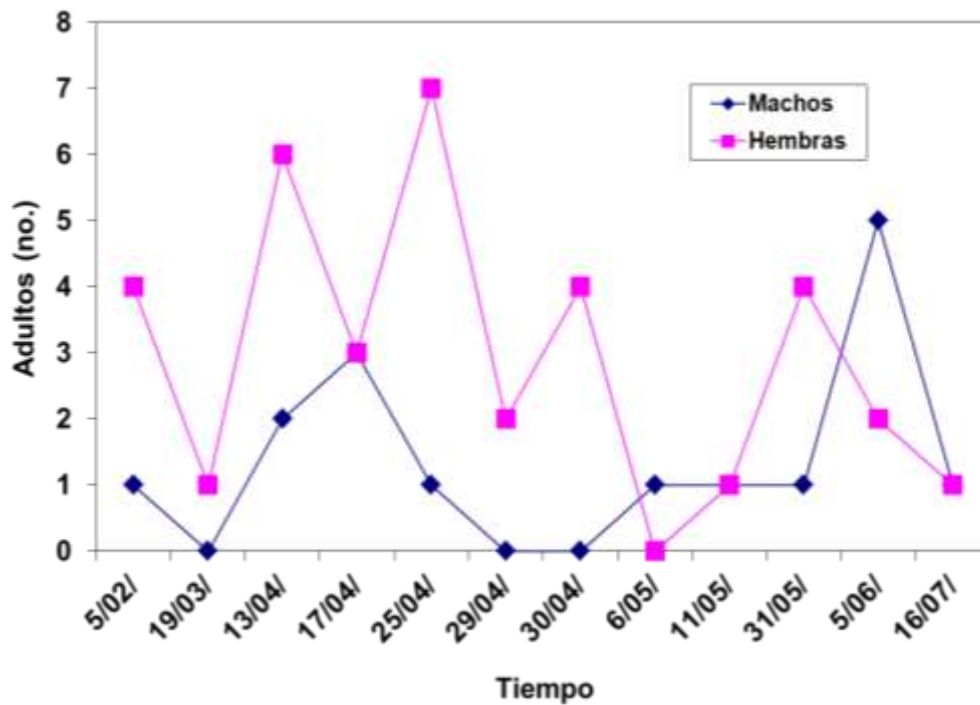
Después de la primera emergencia, pasa casi un mes (19 de marzo) para encontrar solo una hembra. La siguiente emergencia se realiza de igual forma que el anterior a casi un mes de diferencia encontrando 6 hembras y 2 machos. Al mes siguiente se registran 3 hembras y 3 machos en el día 17 de marzo y el pico más alto de presencia de adultos se da el día 25 de marzo con 7 hembras y 1 macho.

Para el día 29 de marzo la emergencia en puparios disminuye drásticamente llegando a 2 hembras y ningún macho. Enseguida para el día 30 de marzo se detecta un ligero aumento con 4 hembras y cero machos. Para el día 6 de mayo sucede un descenso total en las hembras y se colecta un solo macho. Sin embargo, estos empiezan ser más abundantes para esas fechas. El día 11 de mayo, se colecta una hembra quedando evidente la ausencia de machos, sin embargo ellas resurgen para el día 31 encontrándose 4 hembras y un macho.

A partir del punto anterior, ambos sexos tienen un aumento considerable para el 5 de junio con 2 hembras y 5 machos. Este aumento repentino, se debe probablemente a los cambios en el clima muy frecuentes en la zona. A partir de aquí, el proceso se estabilizó y no se detectaron emergencias posteriores de ningún sexo.

De forma desconocida, los machos resurgen nuevamente aunque en todo el proceso sus emergencias fueron muy bajas comparadas con las hembras, sin embargo, al final se da un pico inesperado que altera el proceso conductual de la plaga; situación que pudiera decirse que es por la cercanía a la maduración de los frutos. El último pico en la emergencia de hembras y machos se da el día 11 de mayo y 31 del mismo mes, en este punto se registran 4 hembras y un macho, sin embargo las hembras disminuyen para el día 5 de junio con solo dos hembras y el último registro sucede el día 16 de julio. Por otro lado, los machos tienen un aumento considerable que por primera vez se registra el día 5 de junio, siendo ésta la última colecta en los puparios. Por lo tanto, es muy evidente que el comportamiento de los machos en puparios sale completamente de las condiciones naturales de emergencia de la plaga ya que la emergencia de 5 machos al final del proceso, deberán tener una explicación biológica que justifique el evento en el comportamiento de *R. zoqui*. Se hace necesario continuar el estudio etológico de los

insectos en cuestión para conocer a fondo las estrategias reproductivas y de alimentación de esta plaga para tener un mejor control sobre ella.



Gráfica 17. Emergencia en cámaras de pupación de machos y hembras de *R. zoqui*.

El gráfico 18, muestra la emergencia acumulada de adultos de pupas colectadas. El análisis permite ver la tendencia de la plaga en línea recta y con predominancia de las hembras. Los machos por otro lado, emergieron tardíamente, y los datos encontrados podrían considerarse como no representativos para su siguiente análisis. Sin embargo, se puede observar el rango de aparición desde su primer registro el 2 de febrero y culminando el 7 julio, esto operó en la misma forma para ambos sexos; se tiene que considerar que dadas las características de la plaga, esta se podría considerar de alto riesgo debido a que un porcentaje alto de frutos de nogal se encontraron parasitados.

Cabe mencionar que a pesar de la asepsia una buena parte de pupas fue invadida por hongos. Dentro de esta observación y dada la cantidad de pupas infestadas por hongos, se procedió a separar las infectadas; sin embargo, lo observado fue que posiblemente los hongos actúen como controladores biológicos de la plaga ya que de la pupa emanaba un hongo con color ocre oscuro muy parecido a la tinta que este fruto despiden cuando es manipulado.

Es importante mencionar que en la revisión de literatura se encontraron registros de parasitoides de *R. zoqui* (Boller, 1965), sin embargo, en todo el trabajo, desde la captura de adultos en trampas hasta la pupación y emergencia de los adultos, estos parasitoides

nunca fueron encontrados. Así, se puede decir que en regiones más altas del eje neovolcánico los parasitoides no estuvieron presentes durante la fase del muestreo..

Existe registro de parasitoides en el Estado de Puebla (Reyes-Muñiz, 2012), sin embargo para esta plaga en el Municipio de Amecameca, no se detectaron ejemplares de ninguna de las especies registradas como parasitoides de esta mosca.

(Gut, L. J. & J. F. Brunner. 1994). citan como parasitoide de *R. Pomonella* a *Biosteres mellus* (Gahan) el cual ataca a las larvas y *Pattson conotracheli* (Gir) que ataca a los huevos; Agley et al (1993) realizaron un estudio sobre el efecto de la edad y pupario de *R. pomonella* en el parasitismo de *P. wiesmanni* Sachtl (Hymenóptera).

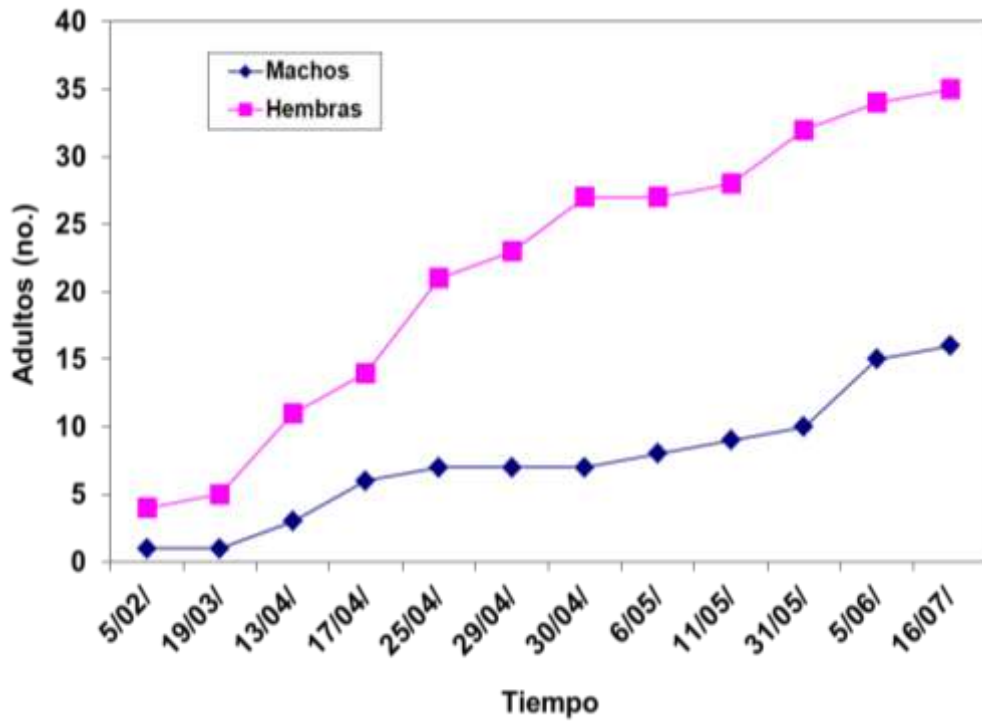
(Reyes-Muñiz, 2011), menciona que se colectaron 2734 pupas cuales sólo emergieron 1460 organismos, 68.3% fueron moscas y el restante 31.7% fueron parasitoides. Se obtuvieron e identificaron seis especies de parasitoides: *Coptera* sp. (Diapriidae) fue la especie más abundante (25% del total de parasitismo) y representa un nuevo reporte de este diapríido atacando pupas de *R. pomonella*. *Utetes nearcanaliculatus* (Braconidae) (3.4%), ya reportado como parasitoide de esta mosca en México; *Diachasmimorpha mexicana* (Braconidae) (2.3%), no reportado para esta zona. *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae) (<0.5%) representa el primer reporte de especie y familia atacando a *R. pomonella*. Finalmente se encontró un individuo de una especie de Ichneumonidae y una especie de Braconidae, que no fueron identificados. El porcentaje de parasitismo total fue de 31.7% en ambos sitios, lo cual genera un potencial de uso en programas de control biológico por conservación. Muy poca literatura se encuentra citada para los parasitoides de *R. cingulata* y *R. zoqui*.

Los resultados acumulados permiten visualizar la emergencia y la presión en cuanto a preferencias del fruto, tiempo de oviposición, daño y épocas de mayor infestación. También se observa cómo la plaga presenta cambios en su fenología que van enlazados a los factores climáticos, esto se comprueba con los picos más altos de población (Gráfica 17) y que reflejan que la plaga tiene la capacidad de emerger en meses que no tendría alimento como es el caso de las moscas emergidas en febrero y marzo. Conducta que se dá por la manipulación de factores que obligan a la plaga a salir antes de el tiempo natural de emergencia.

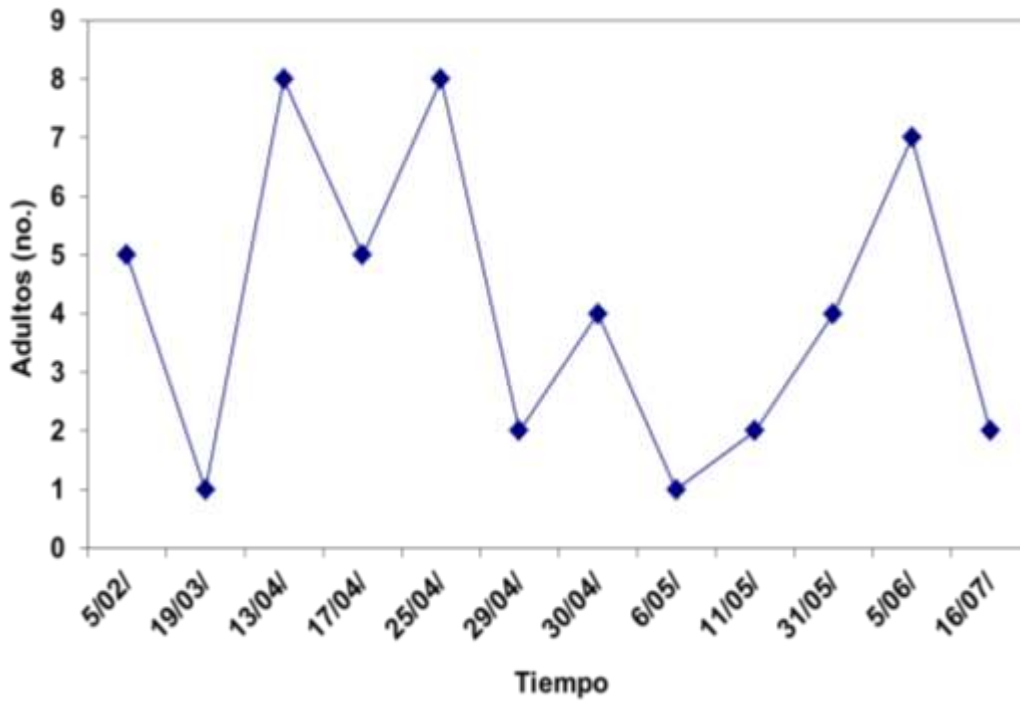
La gráfica 18 nos muestra claramente y en forma generalizada el comportamiento de la plaga tanto en hembras como en machos, tanto en cámaras de pupación como en las trampas delta, esto tiene grandes similitudes que indican el comportamiento de la plaga.

En la gráfica 19, se resume en su totalidad la dinámica de la plaga y se relaciona con su preferencia por un tamaño específico de frutos. Se muestran datos por día y el número de emergencias a lo largo de la pupación. Lo anterior, permite deducir que las emergencias de hembras es mayor. Este insecto plaga tiende a desarrollarse en armonía

con los factores climatológicos como temperatura y humedad, los cuales disparan el proceso, tanto en forma natural como en laboratorio.



Gráfica 18. Emergencia acumulada de *R. zoqui* en cámaras de pupación.



Gráfica 19. Emergencia total en puparios de *R. zoqui*.

### 6.3. *Rhagoletis pomonella* (Walsh) – tejocote (*Crataegus pubescens*).

*Rhagoletis pomonella* es nativa de México y Estados Unidos y se encuentra ampliamente distribuída en Norteamérica y México. Ha sido en extremo dañina, en particular en los estados de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Michoacan. Otros hospedantes son espino (*Crataegus spp.*), albaricoquero, nectarina, durazno, ciruelo, peral y cerezo (Hendrichs y Prokopy, 1990). Los manzanos silvestres son invariablemente infestados por esta plaga. Una especie relacionada es *R. mendax* Curran, denominada gusano del arándano, es importante como plaga de esta planta. De los frutales de huerto, las manzanas son las más seriamente dañadas aunque dentro de la regiones templadas del país también parasitan al duraznero, pera y tejocote (Smith y Prokopy, 1981 y 1982).

#### 6.3.1. Ciclo de vida de *R. pomonella*

Huevo: el huevo mide alrededor de 0.90 mm de largo por 0.25 mm de ancho, es de forma elíptica de color semiopaco a cremoso blanquecino.

Larva: cuando terminan de crecer, la larva puede medir alrededor de 8 mm de largo y 2 mm de ancho, ellas son usualmente de color cremoso; aunque el color depende mucho del contenido alimenticio el cual puede ser desde verdoso hasta café oscuro. Las larvas de estas moscas no presentan apéndices. Su cabeza puede distinguirse por la presencia de la cápsula cefálica de color negro. presenta un gancho en la mandíbula con el cual cava túneles y ablanda la pulpa alrededor de la larva.

Pupa: es de color pálido amarillento y es de forma oval pareciéndose a un grano de trigo de alrededor de 4.5 mm de largo y 2.5 de ancho.

Adulto: las hembras miden aproximadamente 12 mm con las alas extendidas, el tórax es negro con una mancha blanquecina en la parte dorsal, las alas son gruesas y claras con cerda en la base, cuatro bandas transversales negras en cada una de las alas (Fig. 17). El abdomen de la hembra es negro y rayado con cuatro manchas transversas blanquecinas. El ovipositor es afilado y brillante, algunas veces se recurva en la parte terminal; la punta del abdomen es redondeado. El macho es más quequeño que la hembra y el abdomen tiene solamente tres bandas blancas.

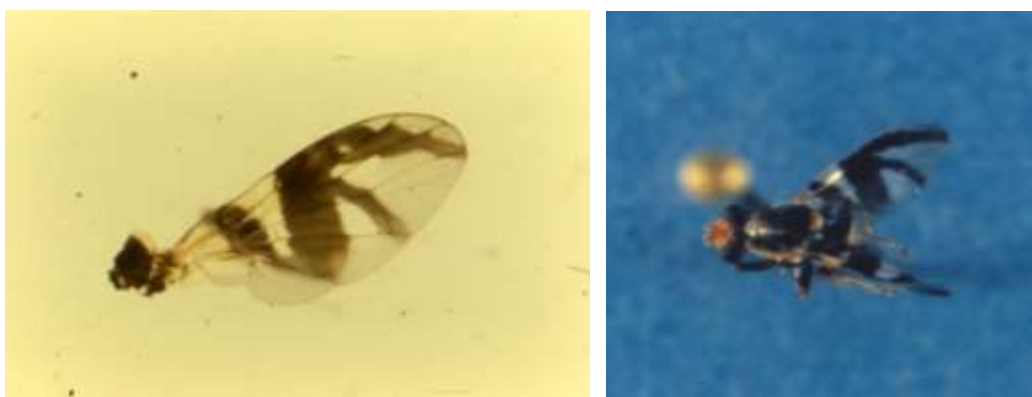


Figura 17. Alas y adulto de *Rhagoletis pomonella*

### **6.3.2. Desarrollo del ciclo de vida *Rhagoletis pomonella***

La mosca *R. pomonella* emerge de la pupa localizada a 10 cm de profundidad en el suelo circundante al árbol parasitado por esta plaga. Generalmente sale en junio, estas pupas pertenecen a generaciones de uno o dos años anteriores o tal vez dos. Sobrevuelan durante diez días; en ese lapso, las moscas no son atraídas por los frutos de la manzana y se establecen en los arbustos, hierbas y los manzanos hasta que llega la maduración sexual, mientras tanto se alimentan de exudados de las plantas o del mismo árbol. Pasado este periodo, inicia el proceso de cópula y la hembra tiene un tiempo de preoviposición donde pica los frutos y deposita los huevos justo debajo de la cáscara; normalmente lo hace en repetidas ocasiones y lo hace por varios días, normalmente los huevos eclosionan en menos de una semana. Las larvas que emergen de esos huevecillos cavan túneles por todo el fruto de la planta hospedera, en este caso particular en el tejocote esto se lleva a cabo al momento de alimentarse desde que nacen y dejan excreciones que pudren el fruto dándole un color amarillento a café en toda la pulpa. Las larvas maduras abandonan el fruto y entran al suelo transformándose al estado de pupa.

La mayoría de las pupas permanecen en el suelo hasta el verano siguiente, pocos individuos no emergen hasta la segunda estación y el siguiente verano. El adulto se presenta desde el mes de junio hasta noviembre o mediados de este.

Cuando termina el periodo de cosecha de la manzana, la plaga busca otros frutos para continuar su ciclo y esta lo hace en los tejocotes que es un fruto tardío cuya maduración se da en los meses de noviembre y diciembre. Las larvas una vez que alcanzan el tercer estadio se dejan caer a la tierra donde se sumergen para pupar y esperar el siguiente periodo de fructificación de los árboles de tejocote (Prokopy, 1971; Birke, 2004; Bush, 1980).

### **6.3.3. Determinación taxonómica.**

El tejocote corresponde a *Crataegus pubescens* (Figura 3) y el díptero *Rhagoletis pomonella* (Hernández, 2005), (Figura 17).

### **6.3.4. Muestreo con trampas delta.**

Se presenta el análisis y discusión de los resultados encontrados durante la investigación en campo y en laboratorio de las moscas de *Rhagoletis pomonella* encontradas sobrevolando en los árboles de tejocote *Crataegus pubescen*. Se presentan también las gráficas de cada etapa y su comparación con las demás especies.

Las trampas delta fueron colocadas treinta días antes de los primeros registros de adultos (1° de agosto), las revisiones fueron semanarias a partir de esa fecha. El objetivo de la colocación temprana fue el asegurar la aparición de las moscas que sobrevuelan por primera vez en la copa de los árboles y fueron seleccionados dentro del mismo perímetro

tomando en consideración características de tamaño, edad y producción de frutos. Las trampas delta se colocaron a la mitad de la copa de los árboles en dirección oriente debido a que los insectos buscan la luz y el calor de las primeras horas de la mañana; en trapeos anteriores se comprobó que las trampas colocadas en la región poniente de la copa del árbol no tuvieron un óptimo desarrollo en la colecta de moscas. Se eligieron para la colocación, ramas no muy gruesas y con abundancia regular de follaje, buscando al mismo tiempo, claros de luz dentro del mismo árbol para que las moscas detecten el color de la trampa y su posición. Con respecto a esta última, la entrada de la trampa fue colocada en dirección oriente con la finalidad de que los primeros rayos de sol iluminaran la trampa y entrada de la misma.

Las trampas se revisaron semanalmente para detectar las primeras apariciones de la plaga de este frutal. Los primeros registros exclusivamente de hembras fue el día primero de septiembre, los machos en este muestreo aparecieron. El número de hembras capturadas fue de 4.

Para el día 13 de septiembre se registra un ligero aumento en las hembras con 6 capturas y aparecen por primera vez los machos con 4 ejemplares únicamente, lo que muestra un retraso en la emergencia de los machos con respecto a la emergencia de las hembras.

A partir del día 20 de septiembre inicia el aumento en ambos sexos denotando una gran explosión ascendente prácticamente sin bajas en la aparición. En esta colecta se capturan un total de 20 hembras y 15 machos, lo cual señala el ascenso en línea recta de las emergencias en ambos sexos; de tal manera que para el día 27 de septiembre la colecta, se muestrea 45 hembras y 45 machos. En este punto cabe mencionar que la plaga alcanza un equilibrio tanto en hembras como en los machos, punto crucial de la plaga, ya que es aquí, donde los machos empiezan a ser menos numerosos, quiere decir que los machos tienen solo una etapa de emergencia muy corta.

La línea ascendente de capturas culmina con un pico de 100 hembras, este representa el segundo punto más alto de toda la colecta indicando que la población aparece en su totalidad a finales de septiembre. Por otro lado, los machos inician su descenso con un total de 42 ejemplares, implicando menos del 50% con respecto al número del número de individuos. Se puede visualizar una gran separación en las líneas de la gráfica 19, ya que las hembras tienden al incremento y los machos por el contrario tienden al decremento de la especie, además esta reducción en la captura es en forma descendente y para mediados de octubre desaparece totalmente.

La siguiente colecta realizada el día 3 de octubre se da el pico más alto de toda la colecta con 105 hembras haciéndose más evidente la separación de los sexos en el muestreo ya que solo se colectaron 38 machos.

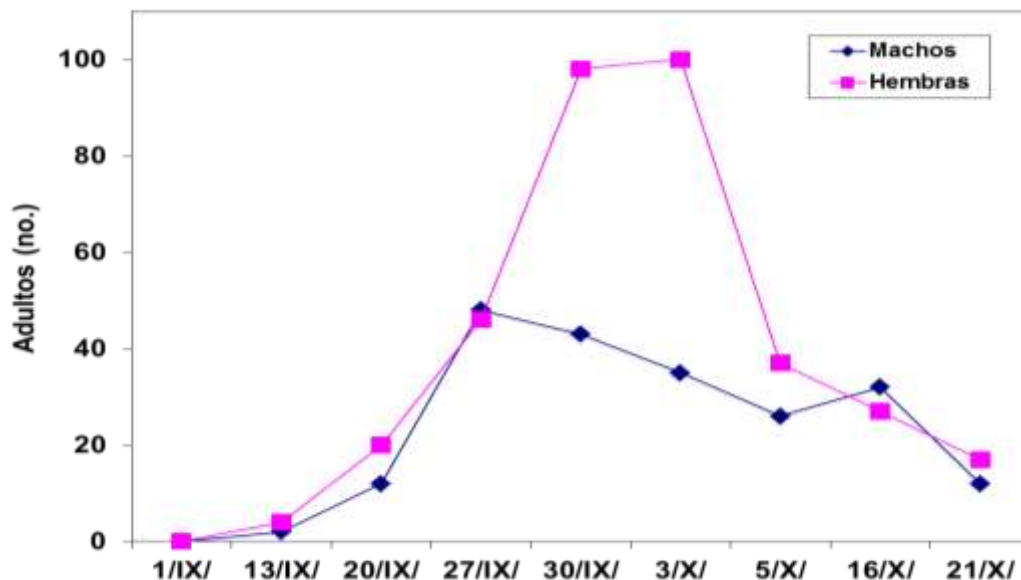
De acuerdo a las apariciones abundantes de la plaga en hembras, se puede inferir que el periodo de preoviposición sucede entre los días 20 y 27 de septiembre. El periodo de cópula debe ocurrir entre los días 25 y 30 de septiembre.

El día 5 de octubre, la plaga desciende a 40 hembras y 30 machos. Para el día 16 de octubre las hembras disminuyen hasta 31 ejemplares y en los machos por primera vez aumentan ligeramente legando a 35 machos. Para el día 21 de octubre, las colectas tienden a estabilizarse en 15 hembras y 10 machos, siendo estos, los últimos ejemplares del muestreo. Las trampas se retiraron el 2 de noviembre del mismo año, para verificar el término de la población de moscas parasitas del nogal. (No se registró ningún ejemplar). Es importante mencionar que la plaga tiene un periodo de actividad muy intenso localizado entre los días 20 de septiembre y 5 de octubre.

Parasitoides. Nuevamente se debe enfatizar la ausencia total organismos parasitoides en todas las fases del muestreo, sin embargo la literatura hace referencia a la presencia de dos familias de avispa: Ichneumoidae y Braconidae.

En la región oriente el Estado de México, en la actualidad no hay trabajos relacionados con parasitoides de las moscas del género *Rhagoletis*; la región poniente del eje neovolcánico, específicamente en el Parque Nacional Izta-Popo la actividad de especies parasitoides es nula.

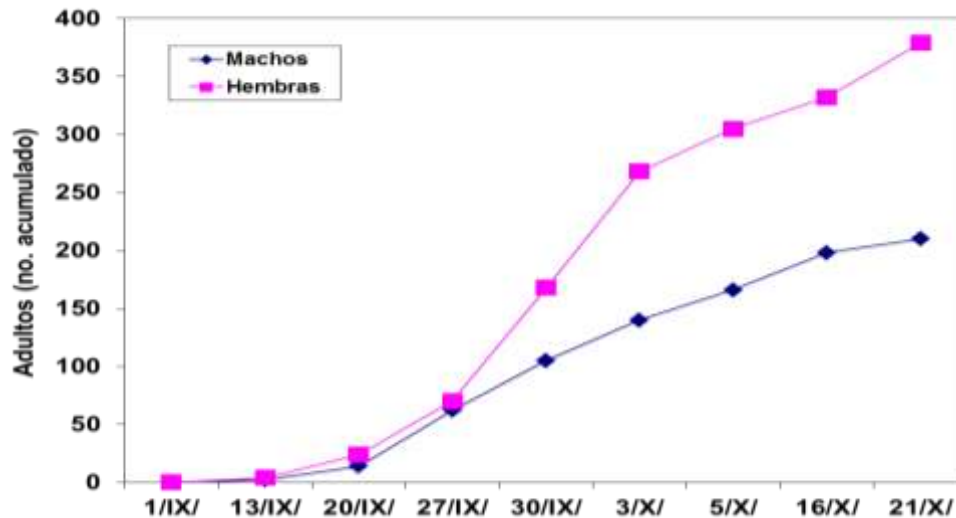
Se considera importante llevar a cabo una investigación sobre la especie *R. pomonella* que permitiera dilucidar y esclarecer la falta de parasitoides en la zona de trabajo; la ubicación en el lado poniente de la cordillera volcánica hace suponer que existan factores que limiten el desarrollo de parasitoides de esta plaga.



Gráfica 20. Muestreo de *R. pomonella* en árboles de tejocote con trampas delta.



El gráfico 21 muestra el desarrollo acumulado de la plaga. Existe la tendencia a incrementar su población conforme avanza el tiempo de muestreo. Durante los muestreos se hace evidente la separación de sexos y la proporción de capturas, así, los machos tienden a aparecer tardíamente, sin embargo alcanzan el 30% y las hembras representaron la mayor parte del muestreo alcanzando 70% de las colectas. La predominancia de las hembras en esta especie es mayor que los machos. Los porcentajes de la población de *R. pomonella* se deberá explicar en trabajos posteriores.

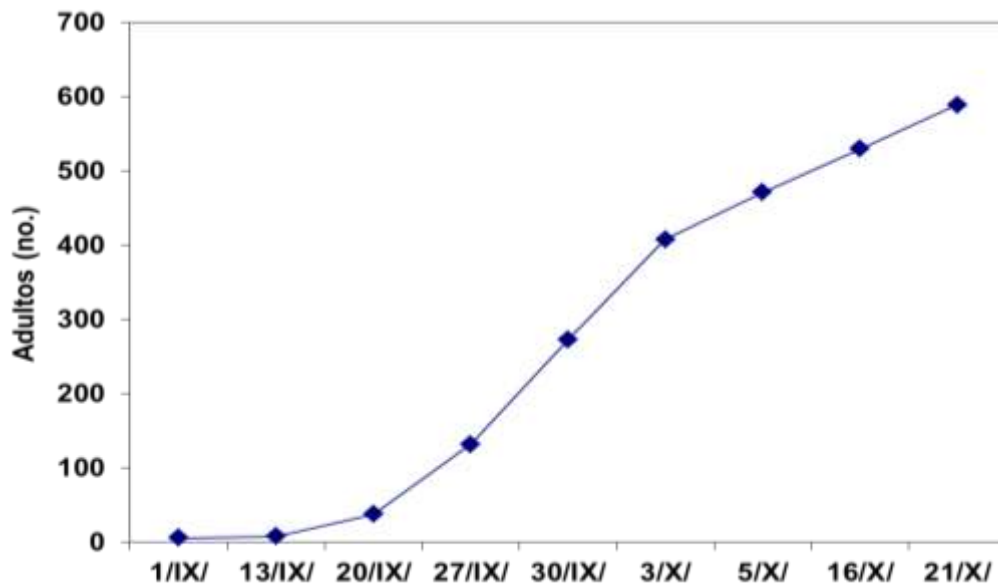


Gráfica 21. Muestreo de *R. pomonella* en árboles de tejocote con trampas delta.

Con datos acumulados (gráfica 22), es posible deducir la separación de sexos en la captura en trampas delta; la plaga desaparece en la misma fecha y coinciden en su término el 21 de octubre. A diferencia de la gráfica 21, aquí la plaga aparece en un periodo corto que va del primero de septiembre al 21 de octubre observándose un desarrollo en línea recta. Se puede inferir que el recurso alimenticio no es obstáculo para el desarrollo tan corto de la plaga, ya que el tejocote tiene mayor posibilidad de albergar más larvas por su tamaño, de hecho la plaga culmina su ciclo independientemente de esta característica. Se puede apreciar en esta gráfica 21, que las líneas divergentes en ambos sexos coinciden en su desarrollo.

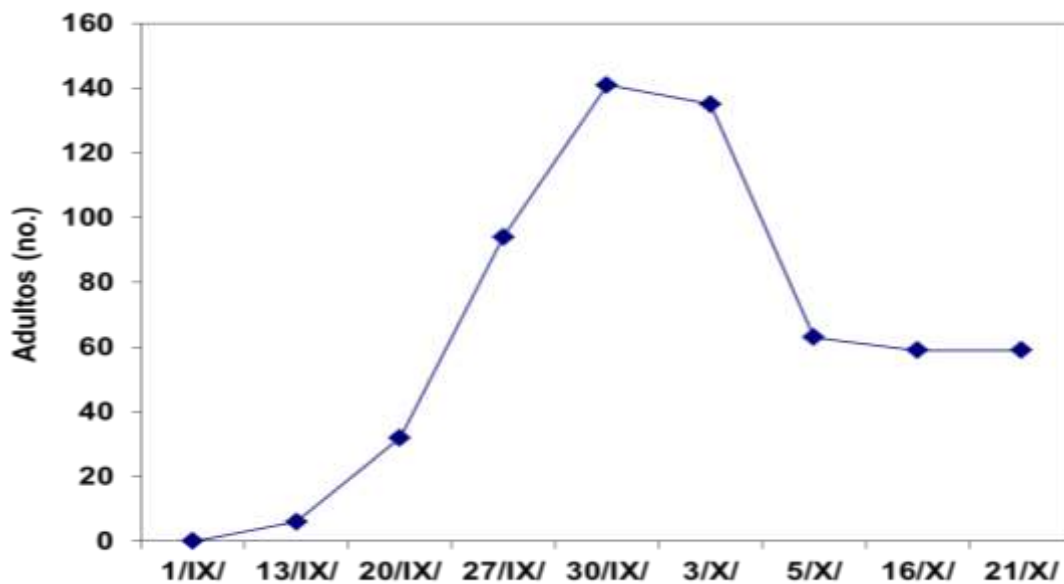
Por otro lado, los daños ocasionados permiten observar la capacidad destructiva de este insecto en un periodo corto. Las capturas de la población de *Rhagoletis pomonella* en los árboles de tejocote *Crataegus pubescens* se observa en el gráfico 23; entre el 27 de septiembre y el 3 de octubre se detecta un pico que sobresale con un número de 140 individuos.

La población de moscas de esta especie presentaron variaciones en la captura en las trampas delta. Sin embargo, estas variaciones no interfieren en el desarrollo de la emergencia de los adultos; en esta etapa se marcan los primeros daños ocasionados por el ovipositor y que es donde inicia el daño por descomposición del fruto.



Gráfica 22. Muestreo total de *R. pomonella* en árboles de tejocote con trampas delta.

La estabilización de la plaga se hace muy evidente en este tipo de gráfico ya que es claro que desde el día 5 de octubre la plaga se estabiliza en sus emergencias y capturas dentro del árbol y que culmina con la desaparición total el día 21 de octubre que es el día donde por última vez se registra la plaga.



Gráfica 23. Muestreo total de *R. pomonella* en árboles de tejocote con trampas delta.

### 6.3.5. Evaluación del daño de los frutos (peso en gr) y larvas.

Una vez realizado el muestreo de adultos que sobrevolaron en los árboles de tejocote, se procedió a la recolecta de material biológico se cortaron frutos de diferentes árboles de la región y de manera aleatoria para dar uniformidad en los resultados esperados.

Se colectaron un total de 500 tejocotes en proporciones iguales tanto del árbol como de los que por su madurez ya se encontraban en suelo. La proporción fue de 50% de ambas partes y se tomó en consideración en el momento de la cosecha, que los frutos fueran de diversos tamaños, chicos, medianos y grandes, esta técnica da la posibilidad de que los resultados sean más homogéneos ya que por el lado contrario, si se seleccionan únicamente frutos con un solo tamaño uniforme, los resultados tendrían variable de error que afectaría los resultados.

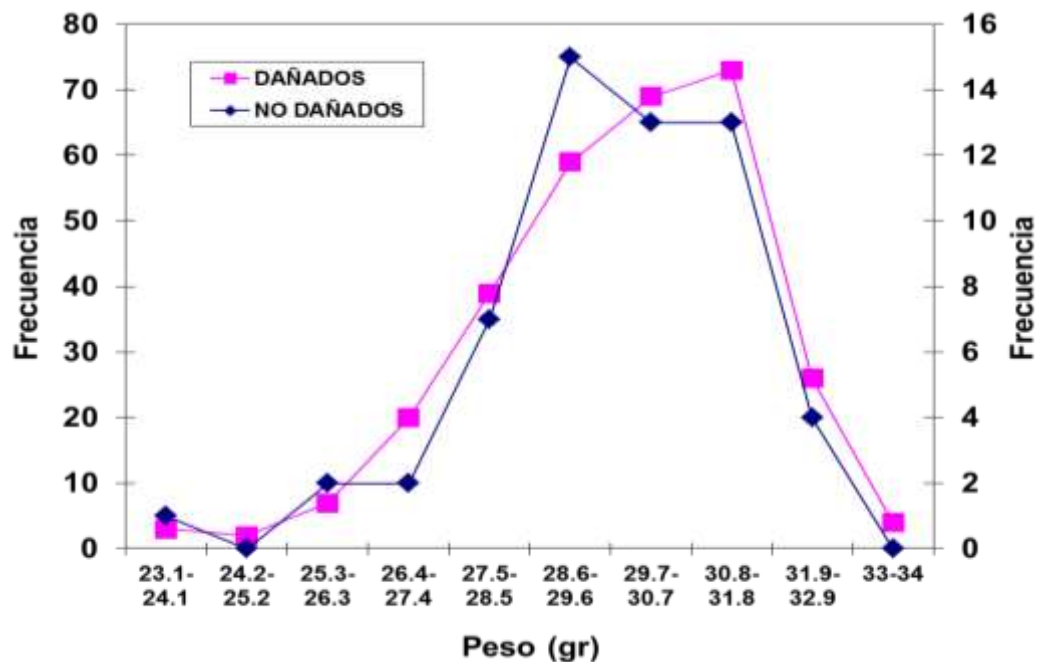
Después de la recolecta se procedió a la transportación del material biológico al laboratorio de Histología y Citología General de la UACH. Este traslado se llevó a cabo depositando los frutos de forma aislada protegiendo al mismo tiempo al fruto de la deshidratación con la cual perdería peso que pudiera alterar los resultados; los envases individuales fueron vasos de plástico protegidos con tela delgada para evitar la posible fuga de las larvas que durante ese trayecto pudieran salir a pupar.

En el laboratorio se pesaron todos los frutos en una balanza analítica. Los resultados fueron colocados en tablas y posteriormente fueron graficados considerando frutos dañados y no dañados por *Rhagoletis pomonella* Wals.

En el gráfico 24 se muestran los datos de frutos dañados y no dañados y se expresan en dos líneas separadas de tal forma que se pueden apreciar las preferencias de la plaga con el tamaño y peso de los frutos.

Los primeros pesos que van desde 23.1 gr. hasta 25.3 gr. indican que la incidencia en el número de dañados es relativamente baja. Para los no dañados el número también es muy bajo por lo tanto, las moscas tienen un mecanismo asociado a la detección de tamaños del fruto que puede tener relación con procesos evolutivos de adaptación a su recurso alimenticio.

Continuando con la gráfica anterior, se observa de forma muy generalizada que la variación de peso con respecto a los dos tipos de frutos es de un gramo aproximadamente, correspondiendo el peso mayor a los no dañados. Además, el porcentaje de no dañados comparativamente con los dañados es tres veces más bajo para la mayoría de ellos.



Gráfica 24. Comparación del peso de tejocotes dañados por *R. pomonella* y no dañados.

El caso del tejocote no muestra grandes preferencias en cuanto al peso del fruto ya que en ese sentido, los tejocotes dañados y no dañados pesan casi lo mismo, siendo un caso especial para esta plaga; comparado con los daños en capulín, en donde si existe una diferencia significativa en cuanto al peso del fruto dañado y la preferencia del insecto plaga.

*R. pomonella* en Norte América es de las plagas más fuertes de esta especie y es debido a que esta mosca tiene grandes recursos alimenticios por el tipo de frutos que parasita el cual es extenso, además optimiza el uso del alimento en el sentido de ovipositar determinado número de moscas en cada uno.

Esta mosca se caracteriza por parasitar frutos de rosáceas de tamaños grandes con lo que asegura su descendencia; los frutos más dañados son, pera, manzana, y tejocote para la República Mexicana, sin embargo, en Estados Unidos esta plaga se ha contemplado como un verdadero problema fitosanitario.

Dentro de la República Mexicana, no existen estudios para comprobar si la mosca que parasita los manzanos es la misma mosca que parasita los tejocotes; la experiencia en campo determinó que la manzana madura en agosto y septiembre; para esa fecha, la mosca ya abandonó el cultivo de manzana, sin embargo, en cámaras de pupación la emergencia se da en forma continua, o sea que salen casi todo el año a excepción del mes de enero donde no hay registros; entonces la plaga observa un desarrollo

multivoltino. La situación anterior se deberá cotejar con trabajos posteriores de pupación en laboratorio para dilucidar todas las incógnitas surgidas.

Se puede observar también que la mayoría de los frutos dañados coinciden en un rango que va desde 27.5 gr. hasta 31.9 gr. lo cual implica que la plaga tiene preferencia por un peso determinado de fruto. Los pesos que salen de este rango, en ambos extremos podrían considerarse como no significativos para este estudio, dado que hay una muy baja incidencia de frutos dañados por la plaga. Por otro lado los frutos sanos tienen grandes variaciones con respecto a los dañados ya que pesan casi lo mismo.

La proporción 14 y 70 gr. que aparecen en la gráfica muestra que la gran mayoría de tejocotes para el 30 de octubre ya fueron dañados por la plaga. Por lo tanto, en porcentaje, se puede ver que el 86% del total de frutos colectados está parasitado por la mosca y únicamente el 14% de los frutos se encuentra sano para la fecha antes mencionada. Al hacer una evaluación del estado de descomposición de los frutos dentro de la región, se puede notar que el 95% del total de fruto para esa fecha ya están dañados. Por lo tanto, la mosca sigue ovipositando hasta el 21 de octubre y su descendencia es la que probablemente parasita a los frutos de tejocote en la región de Zoyatzingo, México.

Por último, los frutos con 33.34 gr. salen definitivamente de las expectativas de oviposición de *R. pomonella*. Podría haber una recomendación donde se sugiera por un lado, producir fruta con dimensiones más pequeñas por debajo de los 24.2 gr. O bien, por arriba de los 33.34 gr.; se puede inferir que la mosca no parasita a los frutos que salen del rango de preferencia de tamaño y de peso.

Por otro lado, la diferencia entre los frutos dañados y los no dañados es mínima; la utilización del recurso por la plaga no afecta grandemente al peso debido a que no hay mucha diferencia en el peso de ambos frutos; entonces el daño físico no repercute en el peso directamente, repercute en los daños postcosecha y en la propagación de la plaga.

Con respecto a los parasitoides, se puede decir que en esta región del valle de México, no existe actividad de esos organismos. La totalidad de larvas colectadas en los tejocotes originaron las pupas con las que se realizó el presente trabajo, sin embargo cabe mencionar que del porcentaje esperado de parasitismo de acuerdo a lo encontrado en la literatura no se registró ninguna emergencia de parasitoides. Se establece entonces que para la región poniente del eje neovolcánico no existe actividad de parasitoides en ninguna de las tres especies de *Rhagoletis*.

Los argumentos que se han sugerido para el presente estudio, no se contraponen con las investigaciones de (Forbes, *et al*, 2010) donde el autor menciona que *R. pomonella* es un complejo de especiación simpátrica de acuerdo con los cambios de sus hospederas. Un estudio reciente de este cambio de *R. pomonella* de su nativa hospedera introducida

*Crataegus* spp (tejocote), a la manzana domesticada (*Malus domestica* Borkh) es un ejemplo de la incipiente especiación ecológica.

La teoría de la exclusión competitiva predice que dos o más especies no pueden establecerse y coexistir si ellas usan el mismo recurso (no pueden ocupar el mismo nicho). (Gause 1932, MacArthur y Wilson, 1967). Así varios taxa diferente de avispas parasitoides parecen sobrelaparse en el uso de las moscas *Rhagoletis*. Esto puede ser atribuido a cuatro factores que pueden actuar solos o en combinación: 1) que las avispas que co-ocurren en simpatria atacan diferentes estados de vida de la mosca, 2) que localmente co-ocurren avispas que corresponden a algunas especies de moscas en común pero no a otras, 3) Que las avispas difieren en abundancia local en aquellas moscas hospederas que comparten en común y 4) las avispas varían en una escala regional en su distribución geográfica.

*R. pomonella* es atacada por varios otros géneros de avispas braconidas, incluyendo *Diachasmimorphra*, *Utetes* y *Opius* (Wharton y Marsh, 1978). La radiación de estos parásitos depende de la distribución geográfica.

Las especies de *Rhagoletis* en Norte América, son principalmente univoltinas, teniendo una generación por año. Las moscas hembras ovipositan en frutos maduros en las plantas hospederas. La mosca oviposita después de 2-3 días, y la larva se alimenta y desarrolla después de 2 a 5 semanas en el fruto. Después que el fruto cae, la larva emerge del fruto hospedero y excava aproximadamente 4 cm en el suelo. Aquí, pupa y entran en diapausa en el invierno. La mosca adulta generalmente colosiona en primera y verano, aunque una pequeña proporción de la población puede ecolosionar tardíamente en años sucesivos (incluso después de 4 años) después en ciclos repetitivos en verano y el calor. El tiempo de la eclosión de la mosca varia con las especies y coincide con la fenología de la formación de frutos de la planta hospedera. Una vez que eclosiona el adulto, su vida es corta, aproximadamente 28 días de longevidad en el campo, usa combinación de atrayentes visuales y olfatorios para localizar los frutos hospederos, los cuales son usados como sitios para aparearse y ovipositar.

Los adultos parasitoides de las moscas de *Rhagoletis* también utilizan señales visuales y químicas para buscar los frutos infestados por las moscas. Estos se aparean cerca al fruto hospedero, la hembra avispa oviposita directamente en los huevos de las moscas o en las larvas de tercer o segundo instar; dependiendo de la especie de parasitoide. Una vez que los huevos eclosionan y se desarrollan en larva, completamente consumen su hospedera *Rhagoletis* una vez que la larva de la mosca vive en el hospedero del fruto y cae al suelo. Sobre el invierno toma lugar la pupación dentro del pupario intacto de la mosca. La avispa adulta emerge generalmente y coincide con la disponibilidad temporal de la mosca hospedera. La emergencia de la avispa adulta coincide con la disponibilidad temporal de la mosca adulta. Más de un huevo puede ser encontrado en la mosca hospedera por diferentes hembras coespecíficas o heterospecíficas, sin embargo, no más

de un parasitoide ha sido documentado emerger de los puparios de cada mosca. Por lo tanto, la oportunidad de una intensa competencia existe entre parasitoides.

Una vez terminado el proceso de pesar y evaluar los daños en los frutos de tejocote, se continuó el trabajo con la disección de cada uno de ellos para obtener la totalidad de larvas contenidas en cada tejocote (gráfica 25).

Esta actividad constó de realizar varios cortes al fruto sobre la epidermis únicamente, evitando así que al incidir con el bisturí, este pudiera dañar las larvas más cercanas a la cascara. Posteriormente, se continuó con la separación de las larvas encontradas por etapa larvaria; el primero y segundo estadios se hirvieron en agua natural durante tres minutos evitando con esto, la oxidación de la materia orgánica contenida en el interior de la larva. despues, fueron colocadas en alcohol al 70% para su posterior contabilización y evaluación de datos en gráficas.

Las larvas de tercer estadio se sacaron del fruto para ser contabilizadas, sin embargo, se regresaron al mismo para que continuaran con su ciclo. Posteriormente las larvas que lograron pupar fueron colocadas en puparios elaborados de acuerdo a lo establecido en la metodología.

A las pupas se les dió el seguimiento igual que a las anteriores quedando entonces cinco cámaras de pupación con 100 pupas cada uno. La revisión para detectar emergencias fue diaria asi como el trabajo de limpieza y separación de pupas que se contaminaron con hongos. Cabe aclarar que estas pupas al igual que en las especies anteriores, las contaminadas a pesar de la desinfección con hipoclorito al 5%, ellas tenían en su interior un hongo el cual teñía del color del tejocote al papel filtro, por lo tanto se puede decir que el control biológico de esta plaga pudiera deberse a la presencia de hongos patógenos y no de parasitoides. Los hongos probablemente sean específicos para cada mosca.

En trabajos posteriores, se pretende aislar el hongo de las pupas que murieron contaminadas para determinar la existencia del posible control biológico por hongos entomopatógenos en estas plagas. Una vez terminada la extracción, las pupas fueron colocadas como ya se dijo en puparios con las características mencionadas en la metodología. Las pupas permanecieron hasta el siguiente año y fueron revisadas cotidianamente para su limpieza y observación de dichos puparios.

Lo encontrado en la extracción de larvas de los frutos de tejocote con respecto al peso, se puede observar en la gráfica 25 donde se analiza el número de larvas de primer estadio. El rango de infestación que estas larvas presentan es básicamente con los frutos de 32 y 33 gramos de peso.

En los pesos inferiores a 30 gramos empieza a disminuir la incidencia de esta etapa larvaria y por el lado contrario, los frutos con pesos mayores a 35 gramos, la plaga también tiene una sensible baja en la incidencia de larvas.

*R. pomonella*, es un caso para considerarse de forma especial con respecto a las anteriores, ya que pudiera ser muy aventurado asegurar que estos rangos son únicos para este primer estadio, sin embargo, estas larvas se encontraron parasitando una buena cantidad de frutos con diferentes pesos inferiores a 28 gramos, por lo tanto, se puede inferir que *R. pomonella*, tiene un rango amplio en cuanto a parasitar frutos de diferente tamaño y peso. A diferencia de las especies mencionadas anteriormente donde esta bien marcada la afinidad por el tipo de peso que los frutos parasitados presentan, ya que la presencia de la plaga así lo demuestra.

Se puede decir que hay una ligera aceptación de la larva por los frutos del tamaño mencionado arriba, aunque esto no es un hecho que marque gran diferencia en el comportamiento parasitario de la plaga. Se encontraron un total de 38 ejemplares de primer estadio las cuales se expresan en la gráfica 25.

Las larvas de segundo estadio, marcan una situación muy similar a las primeras debido a que de igual forma, ellas solo tiene una cierta afinidad por los frutos que caen dentro del rango entre los 30 y 35 gramos, sin embargo, parasitan ligeramente más a los frutos entre 32 y 33 gramos tal y como se muestra en la gráfica 25.

En segundo estadio se registraron un total de 65 larvas en ese rango y aunque fueron un poco más abundantes, no representa una gran variación en la infestación de frutos de diversos tamaños.

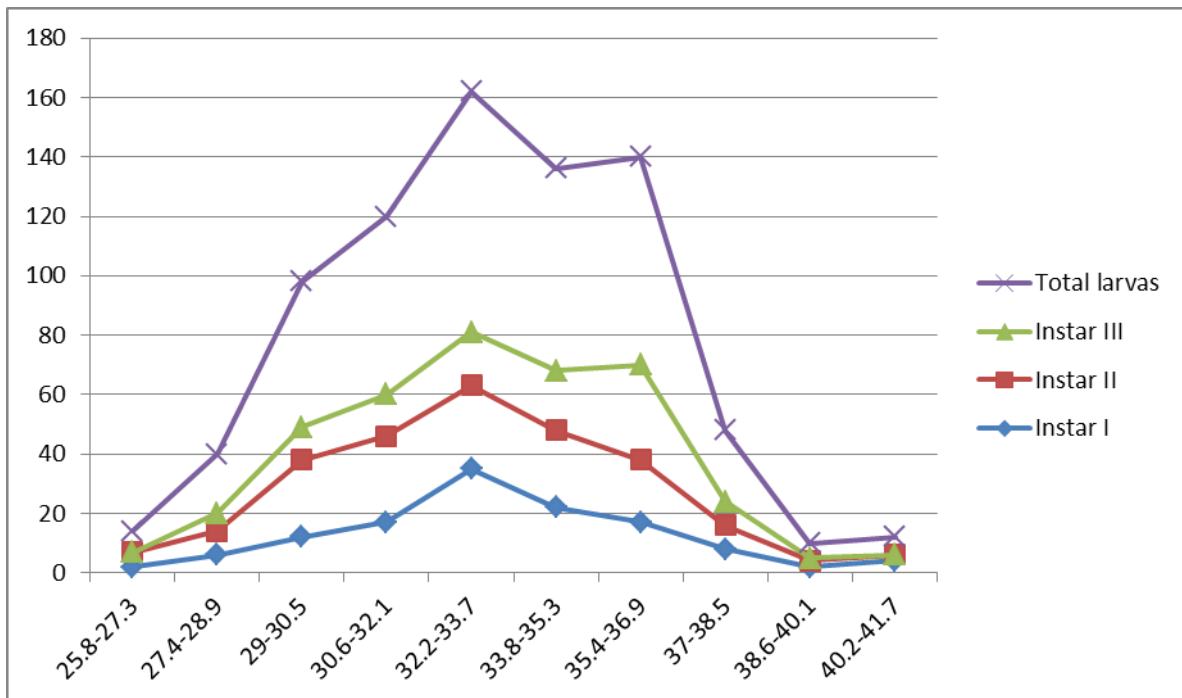
Continuando con la gráfica 25, se puede ver que para las larvas de tercer estadio se colectan un poco más que en las anteriores con un total de 80 dentro del rango de 33.57 gr, sin embargo, en esta fase se detecta un pico que compete con el anterior y cae dentro de 36.9 gramos.

Es en la única fase larvaria que se encuentra un doble pico donde se contabilizan 70 larvas en el segundo evento, las fases anteriores tienen un declive bien marcado desde su punto más alto y en deriva hasta la desaparición de las larvas en frutos muy grandes; lo anterior, como se dijo, no es una regla que domine la situación de *pomonella* debido a que la mosca a diferencia de las otras, parasita frutos con gran variedad de tamaños.

Lo encontrado en *R. pomonella* dista mucho de las anteriores ya que a pesar de que en la gráfica anterior nos muestra cierta afinidad, la realidad es que esta mosca tiene gran versatilidad para infestar frutos con diferente peso.

El ajuste de datos proporciona una panorámica general del comportamiento de la plaga para infestar los frutos dentro de cierto rango, sin embargo, se sabe que esto no es una regla generalizada para *pomonella* debido a que ella parasita gran variedad de pesos en los frutos de tejocote.





Gráfica 25. Relación de las larvas de *R. pomonella* con respecto al peso del fruto del tejocote.

Al parecer *R. pomonella* esta asociada al color y probablemente al tamaño del fruto, debido a que las colectas así lo demuestran ya que el peso no es un factor que pueda ser determinante para la existencia de esta plaga.

Como se dijo anteriormente, la mosca busca ovipositar en frutos que para cuando ella ya esta en fase de preoviposición, el fruto ya debe tener ciertas características de madurez, tamaño y probablemente hasta la forma, con lo cual se podría explicar la situación de infestación tan diferentes a las otras moscas estudiadas en el presente trabajo. Sin embargo, en la línea que marca la totalidad de larvas encontradas, también muestra una ligera tendencia y afinidad por frutos que llegan a los 33.7 gramos, aunque en tercer estadio esta regla no sería válida debido a que en esa fase se localizaron dos picos que salen del común denominador de las fases anteriores. La línea del total de larvas en la gráfica 25 va de 29.0-30.5 gr. Llegando al pico máximo encontrado en 32.2-33.7 gramos. Datos correspondientes al primer pico y en el segundo se localiza en 34.5-36.9 gramos. Si se observa, el rango es muy amplio entre un pico y otro.

Solamente se puede aseverar que entre los dos picos se genera una parte de larvas de tercer estadio aunque se sabe que en otros frutos de diversos pesos también se encontraron larvas de la tercera fase. Se han encontrado larvas en frutos de tamaños muy parecidos a los anteriores con lo cual queda patente que la plaga no tiene gran afinidad por el tamaño y peso del fruto.

Solo quedaría una excepción en cuanto a tamaño y peso y es que en los de 41.6 o más las moscas definitivamente ya no ovipositaron. Puede darse el caso que estos insectos detecten un cierto tamaño al que están acostumbradas en forma natural, sin embargo, sin embargo, esos frutos o tienen consistencia y pueden estar deshidratados, probablemente no son tomados en cuenta para la ovipostura debido a que el rango de tamaños se sale de lo que la mosca alcanza a detectar, de esta manera, esos frutos muy grandes aunque para otras especies sean muy atractivos, para las moscas de esta plaga no son tomados en cuenta.

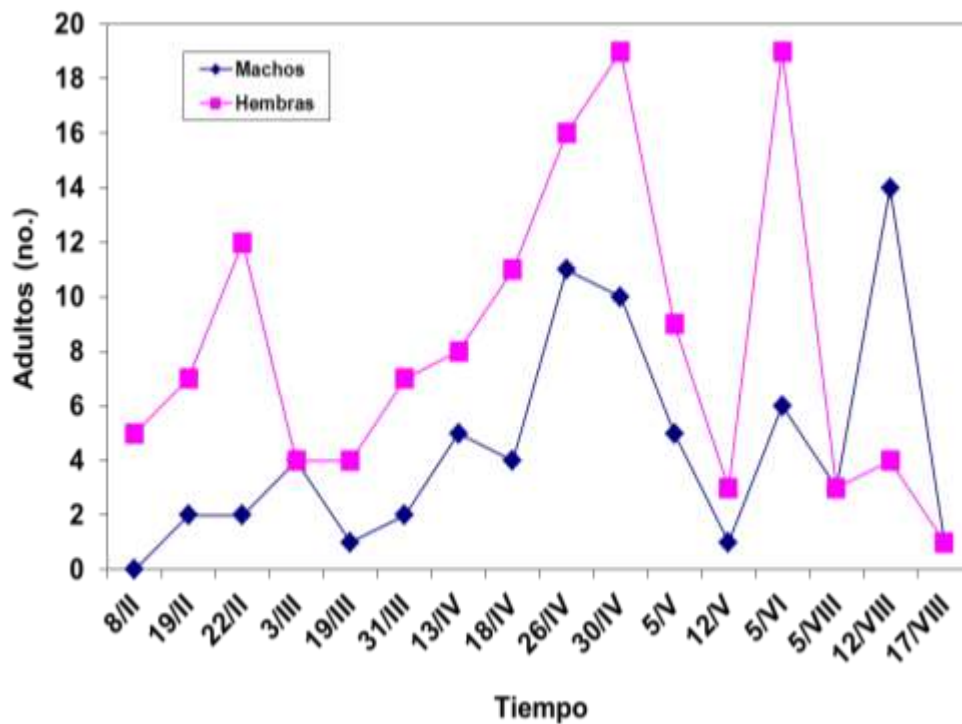
Los frutos cultivados los cuales son pocos debido a que la mayoría de ellos son silvestres, en los primeros, por lo general son fertilizados con abonos químicos que dan un crecimiento en volumen pero no así en consistencia y sabor. Entonces las moscas no tienen un gran daño que hacer en este tipo de huertas con producción de frutos de esos tamaños. Para el caso de los tejocotes silvestres, ellos son más pequeños y con más sabor y consistencia, prueba de ello es que la mayoría de los frutos colectados son de vida silvestre y por lo tanto son de menor tamaño, dando con esto, el establecimiento de la plaga en tejocotes silvestres y semicultivados.

#### **6.3.6. Emergencia en cámaras de pupación**

Las pupas resultantes de la extracción de larvas de tercer estadio, fueron procesadas de acuerdo a la metodología, los puparios resultantes fueron colocados a temperatura ambiente y regulados del calor y frío extremos para evitar la muerte prematura de las pupas en cuestión. Los datos mostrados en la gráfica 26 son el resultado del trabajo realizado el año anterior debido a que es el tiempo que la plaga ocupa para culminar su ciclo de vida. Se puede detectar en la gráfica 26 que el ciclo de vida en puparios es un tanto diferente a lo que se da en su medio ambiente; se puede ver que en puparios las emergencias comienzan a partir del 8 de febrero con una predominancia en las hembras que tiene un total en esa revisión de 50 hembras y cero machos. Comparativamente con la forma natural, encontramos que en ese mes no hay capturas en trampas delta por lo cual el ciclo se ve alterado por las condiciones de laboratorio las cuales a pesar de que se trató de igualar los factores ambientales para que la plaga no resintiera los cambios, sin embargo, en ninguna de las tres plagas coincide el periodo de emergencia en puparios con el periodo natural dentro de su ambiente tal y como se demostró con los muestreos de trampas delta donde la captura de adultos tuvo emergencias en meses específicos y para el caso de *pomonella* no fue diferente, ya que esta mosca en forma natural empieza a emerger a finales de julio; de enero hasta mediados de julio la mosca no sobrevuela los árboles quedando evidente el hecho anterior debido a que las trampas delta no colectaron ningún ejemplar durante todo ese tiempo.

Continuando con la gráfica 26 se puede ver que la predominancia de las hembras es mayor que la de machos. La proporción para el día 19 de febrero es de 20 machos y 120 hembras; actualmente solo se explica la aparición temprana de esta plaga en puparios

debido a que las condiciones de laboratorio distan mucho de la realidad ambiental, aunque se pudiera deber al hecho de que las condiciones del pupario fueron verdaderamente ideales y por lo tanto sucedió la emergencia temprana, por otro lado, el argumento se basa en aspectos de utilización del recurso y de que la mosca cuando tiene factores ideales, ella puede emerger sin ningún problema, esto nos lleva a pensar que esta plaga debiera considerarse como univoltina por sus características, sin embargo, en este trabajo los resultados muestran que la especie tiene potencial para convertirse en un organismo multivoltino y con lo cual representaría un gran problema para los frutos que ellas parasitan.



Gráfica 26. Emergencia en puparios de hembras y machos de *R. pomonella*.

Para el día 3 de marzo surge una inesperada baja en las emergencias llegando a 40 machos y cuarenta hembras, con lo cual se muestra la evidencia de que la plaga a través del tiempo se va estabilizando en el número de machos y hembras, sin embargo, es claro a pesar de lo anterior que los machos son muy tardíos y que las hembras sobrevuelan tempranamente los árboles para beneficios de alimentación y maduración sexual y posiblemente procesos de cópula. Los machos emergen más tarde, sin embargo esta situación enmarca una maduración sexual muy rápida en los machos, hecho que pudiera tener alguna explicación ecológica.

Para el 19 de marzo surge una baja aún mayor en los machos con solo 5 ejemplares y las hembras por su lado se mantienen en 40, o sea, mantienen el mismo nivel de emergencias independientemente de que haya bajado el número de machos. En el evento del día 31 de marzo las hembras se siguen manteniendo arriba con 70 ejemplares y machos con 15.

En todos estos datos se hace evidente que la plaga atraviesa por un periodo de aletargamiento ya que durante las 4 revisiones siguientes en número continúa siendo bajo comparativamente con el pico más alto que se muestra en el gráfico.

El periodo entre la colecta anterior y la del día 13, transcurren aproximadamente 15 días, por lo tanto, es impredecible la emergencia en los puparios de esta mosca debido a que inesperadamente las moscas salen de la pupa al parecer independientemente de los factores ambientales dados previamente a los puparios. Esto se comprueba en el evento del día 13 de abril donde pasan dos semanas y no se colecta ninguna mosca, sin embargo, en esa fecha se colectan 40 machos y 75 hembras.

Comparativamente con *R. cingulata* donde las emergencias son uno a uno, aquí es predominante la presencia de las moscas hembras. Cabe aclarar que estas moscas son de mayor tamaño que la *R. cingulata* y por lo tanto este hecho puede estar asociado al evento de que las hembras deben ser más abundantes debido a que ellas llevan todo el peso de la reproducción.

Sin tener causa aparente para el día 18 de abril empieza a resurgir la plaga en los puparios; esto quiere decir que las moscas están siendo más abundantes que en fechas anteriores, posiblemente esta situación esté asociada al hecho de que la primavera está en puerta y la probabilidad de emergencia sea mayor que en invierno, aunque no se descarta la posibilidad de que la plaga pueda salir en cualquier época del año si es que ella tuviera los recursos ideales para su emergencia. En esta etapa se capturaron de los puparios 40 machos y 120 hembras. Cabe hacer el comentario que a estas fechas no se ha colectado ningún tipo de parasitoide, tal y como se esperaba originalmente.

Las hembras por su lado, siguen en aumento y los machos van ligeramente a la baja, aunque para fechas posteriores la plaga de machos logra una cierta recuperación, de tal forma que para el día 26 de abril se colectan 100 machos y 170 hembras. De igual forma las hembras tienen predominio de capturas dentro de los puparios; sucede el 30 de abril, el cual coincide con la llegada de la primavera aunque los machos hayan tenido una ligera recuperación.

El evento máximo de esta etapa primaveral es que se colectaron como máxima emergencia 190 hembras y 85 machos. Por alguna razón los machos tienen una población menor con respecto a las hembras y además son de emergencia tardía con respecto a las hembras.

El pico máximo fue el anterior y sin embargo, no hay acuerdo en que la principal época del año donde las moscas hacen su aparición masiva sea en el mes de abril, sin embargo, para el caso de puparios elaborados, los resultados obtenidos hablan por si mismos desde el momento en que la mosca en su ambiente natural, emerge en el mes de julio y principios de agosto. nuevamente y de forma inexplicable la plaga sufre un severo cambio en la emergencia ya que para el día 5 de mayo solo se colectan 10 machos y 20 hembras; porcentaje muy bajo si lo comparamos con el anterior y que ocurrió a escasos 8 días, la explicación queda en el aire debido a que no hay una causa razonable de porque la plaga en puparios tiene un comportamiento tan fluctuante comparativamente con su ambiente natural, tal es el caso de las colectas de adultos en los árboles de tejocote y donde la plaga empieza a aparecer desde el día 20 de agosto, esto es, calculando que los frutos que van a parasitar ya estén ligeramente maduros para que sus larvas empiecen a dañarlo hasta convertirse en pupas.

El declive continúa para la siguiente fase ocurrida el día 12 de mayo y en la cual casi llega a cero en muchos ya que solo se muestrean 5 machos y 18 hembras. En un segundo pico totalmente inesperado surge nuevamente la plaga con un número igual al encontrado en el pico más alto del gráfico; en el siguiente se vuelven a colectar 190 hembras con un máximo de 5 machos. Este evento está ligado a otro tipo de factores ya que las emergencias masivas en esta plaga están totalmente independientes de los factores medioambientales; no se puede argumentar que las moscas se dispersen en su emergencia por factores ambientales ideales, ya que lo observado demuestra totalmente lo contrario. Tal es el caso del día 5 de junio donde aparece otro pico inesperado con casi 200 hembras y 20 machos, aquí se muestra nuevamente el potencial de las hembras en cuanto a su emergencia de forma predominante. A partir del punto anterior, la plaga culmina prácticamente su ciclo, ya que para este día aparecen 20 machos y 20 hembras; durante todas las emergencias los machos siempre fueron muy escasos y solo al final del proceso presentan un incremento mayor a las hembras pero que sin embargo, ellos en su emergencia tardía no representan ninguna ventaja para la plaga. Tal es el caso del día 12 de julio donde por primera vez en todo el ciclo, se colectan 140 machos y 20 hembras. Para la siguiente semana, la plaga culmina en su emergencia, el día 17 de julio con solo 5 hembras y 5 machos. A partir de esta fecha, la plaga no vuelve a aparecer ya que desde ese día no se colectó ningún otro ejemplar ni de machos ni de hembras.

En los puparios hubo pupas que nunca emergieron a pesar de encontrarse en buen estado, esto quiere decir que estaban hidratadas, con temperatura adecuada y libres de patógenos como los hongos que estas pupas tienen asociados desde el periodo larval y que han sido motivo de discusión sobre si estos hongos pudieran ser los responsables del control biológico integrado de las plagas de *Rhagoletis*. Esto por la afinidad que los hongos presentan con el color de frutal al que parasitan, como ejemplo, tenemos a los hongos color ocre que salen de dentro de la pupa de *R. zoqui* y que el color que emana de este fruto; recuerda mucho al color del nogal cuando esta el fruto inmaduro; el hongo que parasita estas pupas puede parecerse también a el color que se obtiene del yodo el cual

mancha la piel y además es muy difícil de eliminar, esto solo se logra después de varios días.

Las tres moscas del estudio presentan esta característica asociación con los hongos que salen de ellas, con lo cual se propone que este grupo de fitopatógenos, sean los controladores biológicos de la plaga.

En la gráfica 27 se muestra de forma acumulada, todos los datos obtenidos en el estudio de *pomonella* y se puede visualizar que cuando hacemos la sumatoria, el comportamiento de la plaga aún a pesar de que los datos estén fusionados, en su desarrollo, la plaga no presenta cambios sustantivos, de esta manera solo se hacen evidentes los tres grandes picos que asoman en el gráfico y que representan el máximo de emergencias en ambos sexos, considerando dentro de este proceso, al bajo porcentaje de machos que al final fue evidente que no tienen la misma capacidad reproductiva que las hembras, sin embargo, se puede decir que con los emergidos, es suficiente para el establecimiento de la plaga. De esta manera, la plaga se mantiene estable y con tendencia al máximo desarrollo en el mes de mayo, aunque esto se ve diferente cuando intentamos cotejar con su desarrollo natural.

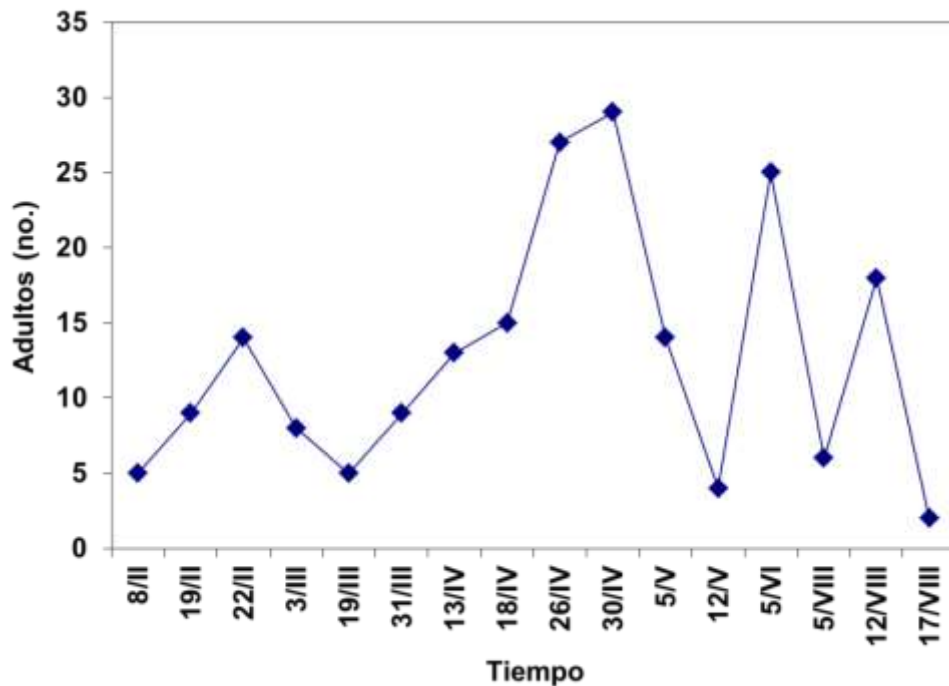
Al parecer en el gráfico 27 aflora un pico bien definido el cual llega en los primeros días de febrero siendo el total 150 moscas entre hembras y machos con el respectivo porcentaje que ya se conoce con respecto a los machos. Es el primer pico que definitivamente se encuentra fuera de toda posibilidad de desarrollo de un ciclo ya que surge en ese mes donde por naturaleza propia de la región, no se encuentra fruto alguno y mucho menos plantas que tengan frutos del tamaño al que ellas están acostumbradas a parasitar. Esta controversia surge por la razón de que el invierno está a punto de culminar y en la zona es muy difícil que se mantengan frutos de las dimensiones de las cuales hace uso del recurso esta mosca. Este primer pico de emergencias se da el 22 de febrero y a partir de esta fecha va surgiendo una disminución que se puede ver de forma más clara con este método acumulativo, enmarcando perfectamente la caída en las emergencias; nuevamente, hacemos énfasis en la situación de que las emergencias en sistemas de laboratorio, son totalmente impredecibles debido a que esta baja considerable, no tiene explicación ecológica alguna y al comparar con emergencias naturales encontramos que es totalmente diferente ya que en sistemas naturales como se dijo antes, la mosca empieza a aparecer a mediados de mayo.

En seguimiento de la secuencia en gráficas de datos acumulados, en la gráfica inferior, sobresale un pico que es la máxima expresión de la emergencia en esta mosca ya que al sumar datos se puede notar efectivamente la tendencia de la plaga hacia el límite de emergencia y su posterior declive hacia una baja y su posterior crecimiento inesperado con un pico casi igual al anterior, hechos que se dan especialmente en abril y mayo; el primero sucede el 30 de mayo y el segundo pico más alto sucede el 5 de junio. Sin embargo, en esta gráfica se puede apreciar las bajas que la plaga presenta ya que entre

los dos eventos anteriores llegando inexplicablemente a cero, para posteriormente resurgir de forma inesperada.

Lo interesante en *R. pomonella* es que surgen preguntas sin respuesta ya que los machos tan abundantes al final de la emergencia no tendrán parejas, no tendrán alimento y probablemente morirán por los fríos extremos de la región en los meses de diciembre y enero; entonces en un futuro trabajo relacionado con la pregunta anterior, se le dará seguimiento para conocer el comportamiento que para el ojo humano es extraño, para las moscas deberá tener una explicación lógica de este comportamiento en los puparios.

Continuando con la gráfica 27, en ambientes naturales como se puede apreciar en la captura de adultos, la línea es casi recta, con lo cual al comparar con emergencias de puparios se puede percatar de las dos conductas tan diferentes y comportamientos extraños que esta mosca puede tener dentro de su fisiología y su anatomía que esta fuertemente vinculada al desarrollo de la planta hospedera. Algo que resulta sorprendente, es que la plaga solamente tiene como hospedero primario a la manzana con lo cual explica su aparición en el mes de julio, sin embargo, para los meses de enero a mayo, las moscas no tienen razón de ser en su emergencia debido a que el recurso alimenticio explotable para ellas, comienza a partir del mes de agosto.



Gráfica 27. Emergencia total en puparios de *R. pomonella*.

Otro mecanismo para detectar la tendencia y su comportamiento de la plaga, se muestra en el gráfico 27 donde se hace evidente que las moscas son totalmente diferentes en su

potencial reproductivo y el porcentaje de machos comparativamente con las hembras es considerado como muy bajo, se debe aclarar que aunque son procesos de laboratorio, ellos coinciden con los porcentajes obtenidos. Por otro lado donde no es coincidente de acuerdo a lo esperado, es que la plaga en forma natural emerge en julio y agosto, y en el caso de puparios se registra prácticamente para todo el año, tal y como se aprecia en la gráfica mencionada.

En esta emergencia acumulada del gráfico 27, los datos fueron dispuestos de tal manera que permitan una visión general del desarrollo de la plaga donde se observa que solamente en el mes de enero no hay emergencias, si se presta atención, los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero, no tienen emergencias en puparios, sin embargo, al comparar los datos de la gráfica de capturas y sobre vuelo en los árboles de tejocote, se puede constatar que la plaga en forma natural emerge en esos meses donde en puparios no se dio la emergencia, por lo siguiente, las gráficas deberán ser el complemento para el comentario de que esta plaga tiene potencial reproductivo suficiente como para invadir y parasitar frutos de rosáceas de forma multivoltina.

Un dato para discutir, es que para el 17 de agosto que es el límite de emergencias en puparios, es cuando la plaga inicia la mayor parte de su actividad en su ambiente natural. Nuevamente este dato complementario pone a discusión las propuestas hechas en el presente trabajo ya que tanto en los puparios como en forma natural, se da un eslabón donde todos los meses del año hay emergencias de la mosca; muy importante es detectar como se alimentan las moscas que emergen en los meses de enero, febrero, marzo y abril. Porque en esos meses todavía el recurso alimenticio no existe.

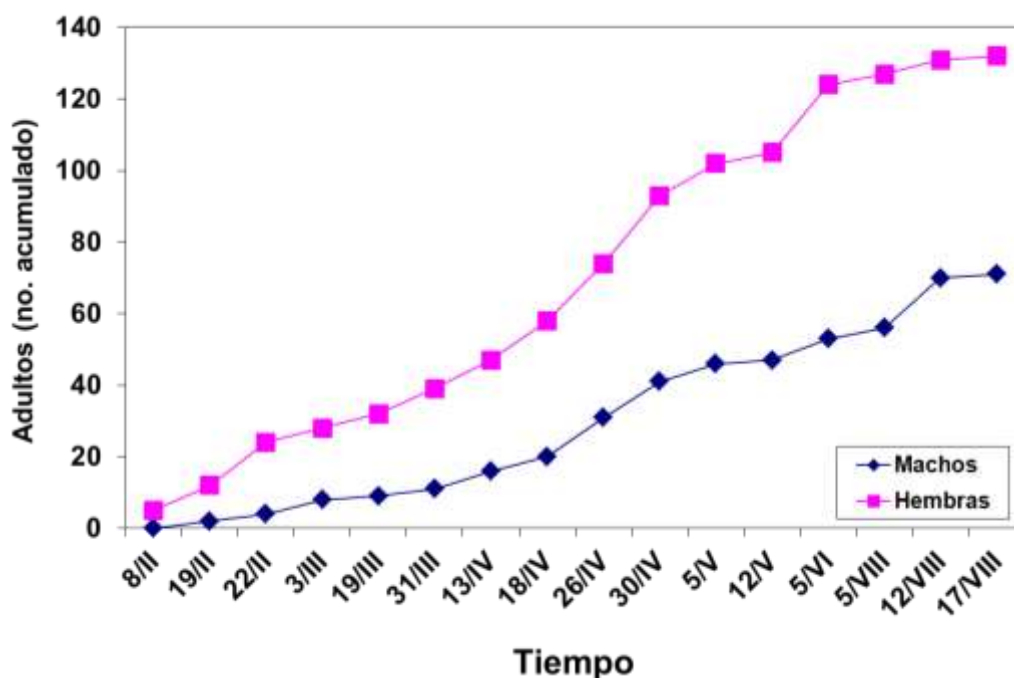
En puparios se obtuvo un pico máximo de machos ocho días antes del término del ciclo, sin embargo, se dan emergencias con un número alto y por consiguiente, no tienen razón de ser debido a que para esa fecha las hembras ya ovipositaron, ya prácticamente se murieron y además para esa fecha ya no existe recurso alimenticio.

Para el mes de diciembre, a pesar de que hace frío, la mosca tiene la estrategia de invadir frutos que también son tardíos, tal es el caso del tejocote donde la plaga se establece e inclusive pupa dentro del fruto como una alternativa para acortar el tiempo de pupación y además para protegerse de los fríos extremos de la región. Si la larva pupa dentro del fruto, esta lleva ciertas garantías de sobrevivencia, porque bien pudiera estar muy seco y duro el suelo y podría quedar fuera, o bien puede haber depredadores que se coman la larva en el momento que caen al suelo. A finales de diciembre las posibilidades de sobrevivir son escasas.

La pupación de estas larvas, no se da al 100% dentro del fruto, existe un porcentaje que sí realiza su ciclo de vida y lo culmina dentro de la tierra, pero esta condición es básicamente para las moscas que parasitaron frutos que maduraron a principios del mes de diciembre. Los frutos tardíos son los que presentaron un mayor porcentaje de pupas dentro de ellos; en gráficos posteriores se explicará esta condición.



De igual forma, en la gráfica 28 se muestra el comportamiento en datos acumulados de tal forma que se puede deducir el inicio y el término de la plaga en línea recta donde la estabilización sucede el día 17 de julio, dando fin a este periodo de infestación de la plaga. Cabe aclarar que el comportamiento corresponde totalmente a las condiciones de laboratorio que se le dieron a las pupas rescatadas de los frutos originalmente pesados y valorados en su daños.



Gráfica 28. Emergencia acumulada de *R. pomonella* en puparios.

Es importante analizar la comparativa con lo encontrado en las trampas delta las cuales coinciden con el sobrevuelo que las moscas realizan en forma natural, de esta forma se podrá deducir el comportamiento real de infestación de la plaga. El análisis por naturaleza propia deberá contener los datos de los frutos infestados que incluyen pera, ciruelo, manzana y tejocote, este último como fruto tardío y donde pudiera haber la posibilidad de que la plaga continúe su desarrollo, ya que al afectar a la manzana, tiene grandes posibilidades de que se extienda hasta el mes de diciembre afectando también al tejocote. Por lo tanto, esta mosca es de las más perjudiciales para la fruticultura de la región de Amecameca.

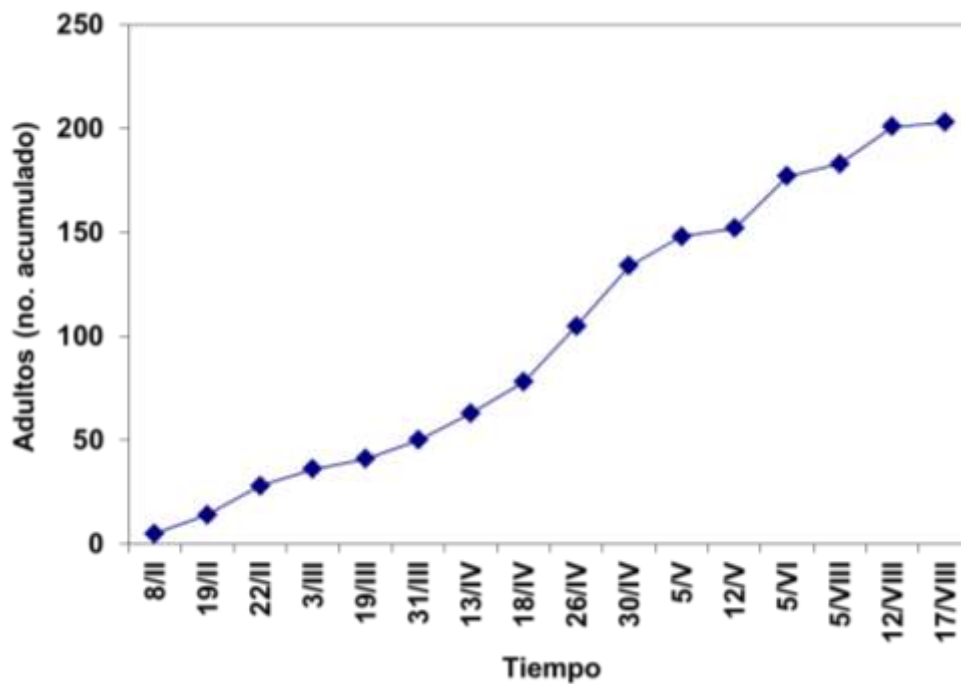
Una última forma de visualizar el comportamiento de la plaga en datos acumulados (gráfica 28) pero al mismo tiempo en líneas divergentes, se puede explicar en la gráfica 29 donde la tendencia de la plaga se visualiza de forma continua hasta llegar al equilibrio y por lo tanto, a la desaparición de la plaga en el momento que las moscas dejan de emerger. Es muy evidente que las hembras fueron predominantes, con porcentajes muy elevados comparativamente con los machos. La percepción de las líneas permite ver la

tendencia y comportamiento de la plaga y además permite inferir que la plaga puede continuar con prevalencia de machos al final del ciclo.

En esta forma acumulada, las líneas son ascendentes desde los inicios del mes de febrero mostrando en cada muestreo la continuidad que es independiente a las colectas que por alguna razón tuvieron una baja sensible en su emergencia, tomando en consideración que lo anterior también aplica para la baja proporción de machos que a pesar de su escasos, ellos tuvieron presencia hasta finales del mes de julio.

Es importante mencionar, que en el gráfico no se muestra el pico más alto en emergencias de machos, sin embargo, cuando las hembras habían desaparecido, ellos surgen con una cantidad que sale del común esperado dentro de la naturaleza de la plaga; en este conjunto de datos, dicho emergencia se denota como una continuidad que va enlazada a la emergencia desde sus inicios y que por lo tanto, esos datos no perjudican en ninguna forma al desarrollo de la plaga que culmina con la emergencia de las hembras en los puparios.

Una última gráfica (30) de datos acumulados donde se visualiza la tendencia tanto de hembras como de machos se muestra en la parte inferior. Al procesar los datos de emergencia en puparios, se puede notar que aunque hubo picos muy altos en ambos sexos, al acomodar datos de forma acumulada las emergencias se visualizan en una línea que se considera como ascendente y que culmina en la estabilización de la plaga cuando esta deja de emerger, tal y como se muestra en la línea del gráfico.

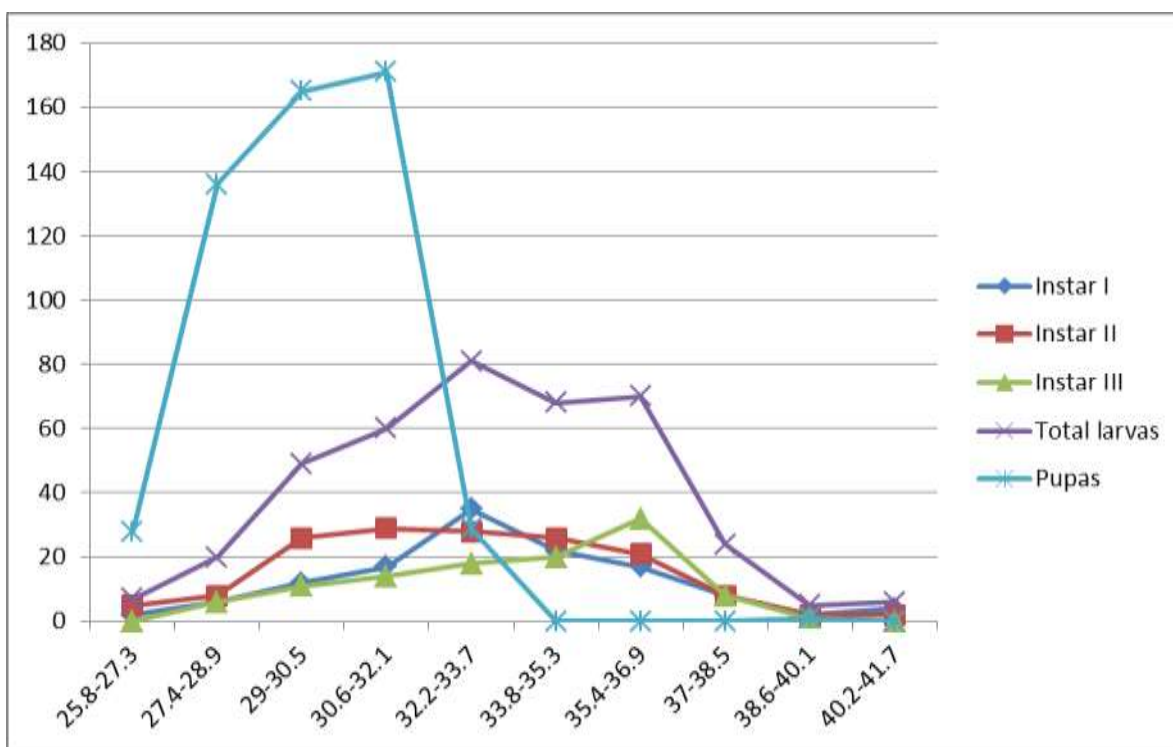


Gráfica 29. Emergencia total acumulada en puparios de *R. pomonella*

Al sumar emergencias, se puede notar una ligera curvatura el día 5 de mayo, esto indica los dos picos más altos de las hembras, sin embargo, su desarrollo se puede observar como continuo dentro del ciclo de vida de este insecto ya que no se ve alterado a pesar de los factores medioambientales que determinaron los altibajos en el desarrollo de la plaga.

Una vez terminado el proceso de analizar las emergencias de *R. pomonella* en puparios, se continuó el trabajo realizando la comparativa de las larvas encontradas en los frutos de tejocote y las pupas encontradas en los diferentes rangos de peso de dichos frutos. En el gráfico de abajo se anexó la curva generada por las pupas.

En forma general, las larvas sirvieron de punto de referencia para determinar cual es el grado de infestación y cuales son las tendencias que la plaga mantiene durante todo el proceso en su ciclo de vida.



Gráfica 30. Relación de las larvas y pupas de *R. pomonella* con respecto al peso del fruto del tejocote.

Tomando como referencia la curva total de larvas, se observa que la mayoría se ubican en el rango 30.6-32.1 y 35.4-36.9 gramos, considerando que los pesos mayores tuvieron una disminución considerable ya que a partir del punto anterior, ellas empiezan a declinar.

Por otro lado, se reflejan los dos picos que en los tres instares siempre estuvieron presentes.

Por lo anterior se puede deducir que las larvas siguieron un patrón natural de infestación ya que ellas coinciden en la elección de frutos de ese rango el cual no cambia para ninguna de las tres fases, debido también a que las larvas extraídas provienen de frutos dañados por la plaga en los tiempos correspondientes de forma natural.

Cuando al gráfico arriba mencionado, se le agrega la curva de pupas obtenidas después de la disección de los frutos, resalta de manera muy evidente que la pupación en esta especie se podría considerar como independiente al desarrollo larvario, debido a que los rangos de peso de los frutos que contenían pupas fue totalmente diferente a lo esperado de acuerdo al rango específico de pesos de frutos parasitados, sin embargo, las pupas se registran en otro rango totalmente diferente e inesperado si se coteja con la naturaleza y hábitos de la mosca. Esto es, que las pupas fueron detectadas en rangos que se encuentran fuera del alcance de la plaga, sin embargo, al encontrar pupas en frutos con pesos entre los 25.8-27.3 y 32.2-33.7 gramos, se puede deducir que este insecto parasita la mayoría de los frutos independientemente del peso o tamaño que ellos tengan en el momento que las moscas empiezan a ovipositar.

Dentro de los argumentos que llevarían a dilucidar el comportamiento de la plaga en cuanto a la gran diferencia en el proceso de pupación es que, los frutos fueron pesados y procesados de acuerdo a la metodología, sin embargo, se tiene que considerar la pérdida de materia, y de humedad con respecto al tiempo que permanecieron las larvas dentro del fruto después de haber sido colectados; por lo siguiente, una variable de error debe ser contemplada en la cuatificación de pesos con frutos que fueron cosechados y que permanecieron sin abastecimiento de agua y nutrientes durante el tiempo que duró la pupación. De esta manera se puede explicar la diferencia en los frutos en los que la pupación llegó a su término y que sin embargo, a través del tiempo estos frutos se fueron deshidratando paulatinamente. La consecuencia de este hecho es que los frutos donde las larvas llegaron a pupar son de menor peso que los frutos donde se encontraron las larvas originalmente. Situación que justifica el hecho de que la diferencia en la gráfica sea de dimensiones fuera de lo común para la plaga.

Al comparar las curvas de larvas contra pupas, se encuentra que si se suma la pérdida de peso a través del tiempo, se puede estandarizar y equiparar a las larvas de los tres estadios con las pupas obtenidas de los frutos donde se les permitió culminar su ciclo hasta llegar a pupa.

Entonces, la gráfica de arriba explica ampliamente la conducta y tendencias de la plaga del tejocote, cabe enfatizar que independiente a lo obtenido en el gráfico, de acuerdo a los estándares de la plaga, se puede decir que de las tres especies, la *R. pomonella* es la más perjudicial para la fruticultura de la región ya que en este trabajo solo se contempla lo relacionado al tejocote sin tomar en cuenta a la manzana que también es de gran

importancia, esta última, porque es un fruto consumido en todas partes del mundo, siendo el estado de Puebla y México productores importantes de estos frutales.

Para finalizar el trabajo se realizó una gráfica de barras (31) para comparar el grado de infestación de los tres grupos de datos obtenidos y evaluarlos en los daños que esta plaga causa a los frutales en cuestión. La relación encontrada en el primer plano es la de *R. cinglata* donde se muestra que el grado de infestación comparativamente con el tamaño y peso del fruto, es definitivamente alto debido a que el número de larvas encontradas causa daño casi del 100%, a al capulín, considerando el tamaño del fruto, este, al final del ciclo del insecto prácticamente se encuentra en estado de descomposición total. Esto implica que la producción lleva la mayor parte del daño en cuanto a deterioro causado por la plaga.

Las las larvas por fruto llegan a ser de 1 y hasta tres. Lo cual indica que independiente del tamaño, el daño cauado es muy elevado. Si estas moscas ovipositaran dos o más huevecillos, el fruto no tendría ninguna posibilidad de llegar a cierto tamaño, sin embargo ellas de alguna manera detectan cuando un fruto ya ha sido picado por una hembra y eso provoca que las demás no lleguen a ovipositar. Así, aseguran que por lo menos dos larvas tengan el recurso para llegar a un ciclo completo. Este hecho, no quiere decir que al ser únicamente dos larvas, el fruto se va a salvar de la pudrición. Por el contrario, más de dos larvas por fruto sería la muerte prematura del hospederero con lo cual la plaga también desaparecería ya que esta mosca es parásito obligado de *Prunus serótina* var. Capulí.

Las moscas de *R. cingulata* son de menor tamaño que las *R. zoqui* y la *R. pomonella*, sin embargo, es de acuerdo al gráfico, la más dañina debido a que solo una o dos larvas por fruto, pueden ocasionar la pérdida de la cosecha ya que al final la fruta queda totalmente en estado de descomposición. Por lo anterior se debe considerar el tamaño del capulín y de esa manera implementar los posibles controles a esta plaga que causa en la región de Amecameca un daño que puede llegar al cien por ciento, tal y como se muestra en la gráfica de abajo.

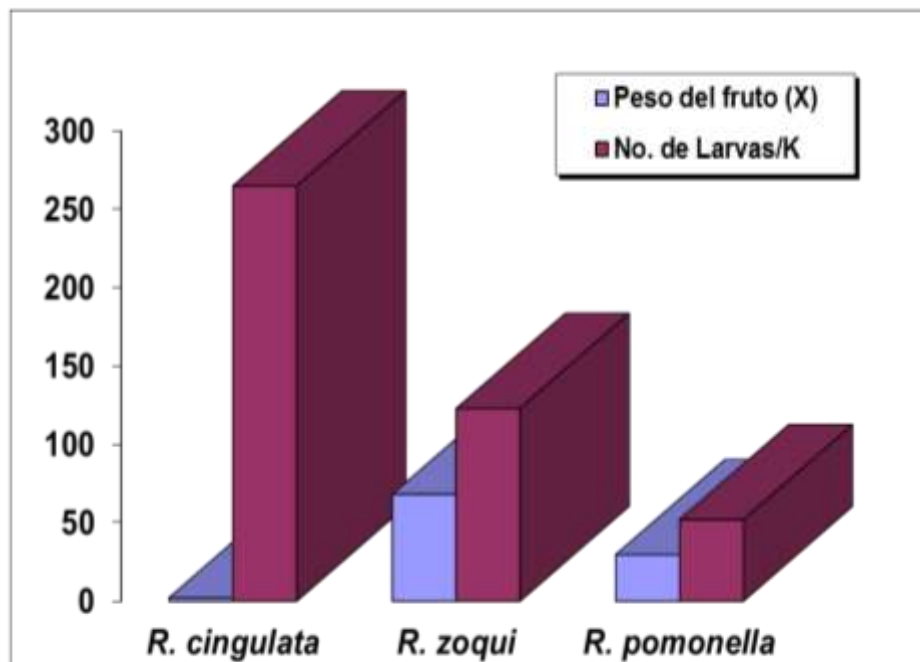
De acuerdo a lo mostrado en la gráfica 31, el número de larvas es mínimo compartivamente con el peso de los frutos y el daño que resulta es elevado si se compara con el número de larvas que causan ese daño. De esta manera el potencial de las larvas de la especie, sobrepasan los límites de tolerancia del frutal a la invasión debido a que cuando la plaga ya hizo contacto con el capulín, este tiene pocas posibilidades de subsistir para conservar una semilla que no llegará a proliferar en ciclos siguientes.

Dentro de las normas de sanidad vegetal, se debe contemplar la posibilidad de que los árboles de capulín, se deben de proteger de la plaga con controle preventivo ya que cuando la plaga está en el árbol, difícilmente se puede controlar. Esto tiene como consecuencia, la pérdida total de cosecha de capulín en la región.

En la misma gráfica 31, se analiza a *R. zoqui* en su comparativa de daños causados al fruto y el peso del mismo; aquí se puede notar que aumenta considerablemente el número de larvas, en algunos casos se encontraron hasta 11 por fruto y de los tres estadios larvales.

La relación de larvas con respecto al peso, tiene proporciones más bajas en daño que en *R. cingulata*, probablemente porque esta fruta pesa alrededor de 35 gramos y el capulín en promedio tiene un peso de 2 a 3 gramos. Esta gran diferencia también explica el daño que el capulín tiene con respecto al nogal. Este último, por su tamaño tiene más tolerancia a los daños y por esta razón es que en la gráfica se puede notar que la zoqui, si causa daños severos, sin embargo, no alcanza los niveles de daño que *R. cingulata* causa al capulín; entonces la explicación se desprende del tamaño del fruto, y resistencia que este tiene por las dimensiones en tamaño y peso que el nogal tiene de forma natural.

En sentido estricto, la gráfica expresa un término promedio de daños de acuerdo al número de larvas encontradas, sin embargo, a pesar de que pudiera pensarse que el daño que la plaga causa al nogal no se compara con el daño al capulín, la realidad es que el nogal si esta severamente afectado por esta plaga. Esto se puede comprobar en los registros fotográficos que se presentan en el trabajo.



Gráfica 31. Relación entre la tasa de infestación de *Rhagoletis* spp. (larvas/kg de fruto) y el promedio de peso del fruto (g) de las plantas hospederas.

Con respecto a *R. pomonella*, se puede decir que el daño es menor comparativamente con las anteriores, sin embargo, el número de larvas encontradas llegó a un máximo de 5, las cuales fueron suficientes para causar daños severos en el tejocote.

Al comparar en número de larvas con el peso del fruto, se puede observar que en apariencia esta plaga del tejocote es la menos dañina, primero por el número bajo de larvas y segundo porque el tamaño del fruto ofrece cierta resistencia a los daños, sin embargo, en sentido estricto, esta plaga es de las más devastadoras en el Valle de México, ya que la producción se ha visto mermada por esta plaga en los últimos 5 años.

Estos datos son únicamente del daño ocasionado por *R. pomonella* al tejocote. Para la manzana, ya existen registros de estas moscas donde se cuantifican los daños y rebasan por mucho a los daños registrados en este trabajo.

Es de vital importancia, tomar las medidas necesarias para el control y erradicación de esta plaga, ya que de no ser así, este insecto puede desplazarse hacia otros frutales debido a que se comprobó que tiene la capacidad reproductiva para invadir cualquier recurso alimenticio que contemple frutos grandes dentro del clima templado de la región.

#### **6.4. Datos complementarios finales y argumentos acerca de la actividad relacionada con los parasitoides asociados a *Rhagoletis* spp.**

Explicaciones científicas basadas en investigaciones anteriores en el tema de los parasitoides asociadas al género *Rhagoletis* spp.

(Rull, J. *et al*, 2009), ha sugerido que los mismos factores que afectan la diversidad de insectos fitófagos influyen en la radiación de sus enemigos naturales asociados a ellos, si esto es verdad, los parasitoides de hospederos específicos pueden constituir un componente de la biodiversidad global que aún no ha sido estimada, con la finalidad de entender la estructura y ecología de la comunidad de insectos.

La abundancia y distribución asociada con parasitoides braconidos en México y en el medio oeste de Estados Unidos es el primer paso para analizar el potencial para la coevolución y biogeografía entre las moscas y las avispas.

*Rhagoletis pomonella* infesta varias especies de *Crataegus* spp en México, dos poblaciones aisladas geográfica y genéticamente se han diferenciado en *R. pomonella*, una recientemente identificada en México. Una de estas poblaciones de mosca infesta tardíamente (Octubre-Enero) en el eje volcánico Trans Mexicano. La segunda población ocurre a través de las montañas de la sierra madre oriental e infesta relativamente tempranamente (Julio-Octubre). Datos genéticos implican que estas dos poblaciones están inicialmente aisladas, sin embargo, se han encontrado repetidos episodios que se encuentran en contacto algunas de estas poblaciones que introdujeron la variación de diapausa en su ciclo de vida y en la forma de inversión de polimorfismo. Un estudio

reciente usando microsátélites ha sugerido que las poblaciones mexicanas de tejocotes, pueden no estar completamente aisladas de las poblaciones de estados unidos y han servido como un conducto para el fluido de genes en el pasado enlazando las poblaciones de E.U. y Canadá. Sirviendo como un importante recurso de variación fenológica facilitando la radiación de las moscas de E.U. con nuevos hospederas (manzanas) con diferentes fenologías de fruto, en el complejo *R. pomonella*.

La compleja historia del grupo *R. pomonella*, el clima, la evolución de sus avispas parásitas asociadas han mostrado similares factores ecológicos y geográficos. En este registro, previos trabajos han sido documentados con un número de especies parasitoides himenópteros que atacan la mosca de la manzana en huevo-prepupa, lava-prepupa, y pupa, incluyendo también braconidos *Diachasmimorpha mellea* (Gahan), *Opius downesi* (Gahan), *Utetes lectoides* (Gahan), *U. canaliculatus*, *Diachasma alloeum*, y *D. ferrugineum* (Gahan).

Los niveles de parasitismo en E.U. han mostrado gran variación dependiendo de sus plantas hospederas. Por ejemplo, las tasas de parasitismo van de 0 a 23% de moscas infestando manzanas comparado con 7.9 a 90% en diferentes especies de tejocotes.

En este trabajo muestrearon poblaciones de Eu, SMO, EVTm, se determinó la tasa de parasitismo, la emergencia de parasitoides, y se determinaron taxonómicamente. La emergencia de parasitoides fue significativamente diferente entre regiones, los tiempos de emergencia incrementaron con el decremento de la latitud a través de Eu y México. 27.2% en EU, 5.49% en la SMO en montañas de México y 0.19 y 0.14% en la EVTm en Chiapas.

Las tasas de parasitismo en México desde parasitoides subtropicales en *R. pomonella* fue bajo en comparación con los registrados en otros tefritidos del género *Anastrepha spp.* Esto sugiere que estos parasitoides pueden usar a *R. pomonella* como un recurso secundario en áreas de hospederos de *Anastrepha spp.* que es multivoltina en México, teniendo dos o más generaciones por año. Por lo tanto es posible que la inhabilidad de los parasitoides subtropicales para explotar las poblaciones *R. pomonella* univoltina refleja que la inhabilidad de estos parasitoides para entrar a la pronunciada diapausa y efectividad sobre el invierno.

En contraste, las especies parasitoides exclusivamente registradas en México en este trabajo muestran un amplio rango de huéspedes (varios tefritidos) y parecen ser oportunistas en *Rhagoletis*.

Las moscas de los tejocotes pueden escapar de los parasitoides por su reducida habilidad para sobrellevar la variación entre la fenología de los frutos hospederos. En suma, las condiciones variables ambientales en México, especialmente con respeto a la lluvia pueden causar fluctuaciones en las poblaciones locales de las moscas. Varias de los parasitoides encontrados en México no están presentes en EU. Sin embargo, las avispas



parecen representar casos de parasitoides subtropicales usando a *R. pomonella* como un hospedero secundario y no como altas densidades en moscas del tejocote.

## 7. Conclusiones

La totalidad del trabajo implicó la evaluación de las tres especies del genero *Rhagoletis*. *Cingulata*, *zoqui* y *pomonella* y sus daños causados al capulín, nogal y tejocote respectivamente. También se cuantificó el número de larvas encontradas por fruto de cada una de ellas valorando al mismo tiempo, el daño causado a los frutales.

Por otro lado, el trabajo implicó el rastreo de la plaga y se determinó su actividad, comportamiento y sobrevuelo de los adultos desde su emergencia, alimentación, copula y preoviposición hasta el registro del último ejemplar encontrado en trampas delta.

Se determinó el ciclo de vida en ambiente natural a través de la captura de adultos y se realizó la comparativa con las emergencias en puparios; se determinaron las diferencias entre un ciclo y otro para cada especie, al mismo tiempo se discutieron los rangos de actividad desde la primera captura hasta la desaparición de la misma tanto en su ambiente natural con trampas delta y en puparios para la determinación en laboratorio de la emergencia de esta plaga.

Se analizó la diferencia entre el ciclo natural y el ciclo inducido a través de los puparios para cada especie.

Se analizaron mes por mes la actividad de la plaga y se determinaron cuales fueron los picos máximos de infestación para cada una de ellas.

Se obtuvieron los porcentajes de frutos dañados y no dañados, se obtuvieron las proporciones de infestación de los tres frutales.

La cuantificación de los daños se pudo observar a través del peso de los mismos, y se determinó que la disminución del peso en el frutal, es proporcional al número de larvas encontradas dentro de él.

Se realizó la disección y análisis visual de cada uno de los frutos para determinar y obtener los porcentajes de daño causado a los frutales.

Se revisaron un total de 1500 frutos de capulín, 450 frutos de nogal y 370 frutos de tejocote.

De acuerdo a las referencias bibliográficas con respecto a los parasitoides reportados para esta plaga, se esperaba un porcentaje de 30% y 70% de moscas, sin embargo, el resultado esperado fue de cero para las tres especies.

La emergencia esperada con mayor número de parasitoides es la de *R. pomonella*. Al final de la emergencia en puparios de esta especie, no registró ningún tipo de actividad de las especies relacionadas.

Se concluye que, posiblemente, el control biológico de esta plaga este relacionada con la aparición de hongos contenidos dentro de la pupa y que el indicio es que ese hongo, tiñe el pupario al color del fruto que parasita la larva, esto es, que el hongo mancha el papel al color del fruto que parasita.

Para *R. zoqui* y *R. cingulata*, se concluye que los ciclos de vida aunque sean diferentes en sus emergencias naturales y de laboratorio, ellas si están dentro de la actividad univoltina, ya que a las pupas depositadas en puparios, si tiene diferencia significativa con respecto a su ciclo natural, sin embargo, esto no implica que la plaga surga mucho tiempo antes como para asegurar que pudiera tener potencial para cambiar a multivoltina.

Por otro lado, *R. pomonella*, si presenta emergencia durante todo el año; quiere decir que en puparios, esta mosca comienza a emerger desde la primera semana de febrero. El ciclo lo termina en agosto, sin embargo esta actividad se complementa perfectamente con las emergencias en su ciclo natural. Al contabilizar los meses, se tiene que existen registros todo el año excepto el mes de enero. Por lo tanto, esta mosca se puede considerar multivoltina, por las varias generaciones que presenta.

En las tres especies se encontró que su ciclo de vida es muy variable cuando este se desarrolla en laboratorio; las diferencias en tiempo de emergencias van desde dos meses para *cingulata* en puparios y hasta 6 meses en *pomonella*, en *zoqui* las emergencias se mantienen iguales tanto en puparios como en ciclo de vida natural. La pupación de larvas en *R. cingulata* se da de manera natural en el suelo una vez que ha concluido su alimentación.

La mayoría de las pupas emergieron en el año siguiente, muy pocas se continúan pupando para el siguiente ciclo de producción.

En *R. zoqui* y *R. pomonella* se encontró que un porcentaje de pupas no se tiran al suelo a continuar su ciclo. En esas especies las larvas de tercer estadio y sobre todo las larvas que son tardías (mes de diciembre para *pomonella*), ellas pupan dentro del fruto, debido a que posiblemente sea una estrategia para sobrevivir a las condiciones climatológicas de la región en esos meses mas frios.

Las especies de este género deben considerarse dentro de las plagas más destructivas ya que para el caso del capulín, ellas destruyen la mayor parte de la producción de la región.

*R. pomonella* debe declararse como plaga de gran importancia para la fruticultura nacional ya que no solo parasita al tejocote, sino que afecta también a la manzana y otros frutales de rosáceas, además debería contemplarse dentro de las plagas cuarentenarias debido a que su potencial reproductivo a si lo demuestra tal y como se vió en el presente trabajo.

## 8. Literatura citada.

- Aguilar M. y Álvarez, R. 2007. Producción Ovina: Plan sanitario básico preventivo. Producción animal, INTA. 23- 27p.
- Alonso-Pimentel, H. y Papaj D.R. 1999. Comportamiento de cópula en la mosca *Rhagoletis juglandis* (Diptera: Tephritidae). ANIMAL BEHAVIOR. 57, 1063-1069.
- Aluja, M. 1993. Manejo Integrado de Moscas de la Fruta. Ed. Trillas. México. 241 p.
- Aluja, M. y Birke, A. 1993. Uso del hábitat por adultos de *Anastrepha obliqua*(Diptera: Tephritidae) en una mezcla de mango y un huerto ciruela tropical. Ann. Entomol. Soc. Am 799 - 812 0.86.
- Aluja, M., A. Jiménez, J. Piñero, Camino M., L. Aldana, ME Valdés, V. Castrejón, ACOME IJ, ávila AD, y R. Figueroa. 1997. Patrones de actividad diaria y dentro del campo de distribución de fruta de papaya moscas (Diptera: Tephritidae) en Morelos y Veracruz, México. Ann. Entomol.Soc. Am 502 - 520 . 0.86.
- Aluja, M., J. Guillen, P. Liedo, M. Cabrera, E. Ríos, G. De la Rosa, H. Celedonio, & D. Mota. 1990. Fruit infesting tephritids (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids in Chiapas, Mexico. Entomophaga, 35: 39-48
- Aluja, M., J. Rull, J. Sivinski, A. L. Norrbom, R. Wharton, R. Macías-Ordoñez, F. Díaz-Fleischer, and M. López.2003b. Fruit flies of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) and associated native parasitoids (Hymenoptera) in the tropical rainforest biosphere reserve of Montes Azules, Chiapas, México. Environ. Entomol 32:1377–1385
- Aradhya, M. K., D. Potter, and C. J. Simon. 2006. Origin, evolution and biogeography of Juglans: a phylogenetic perspective. Fifth International Walnut Symposium. Acta Hort. 705: 85–94, ISHS.
- Arcos, C. G. 1987. Atracción y persistencia de cebos tóxicos para *Anastrepha Ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) y *Diachasmimorpha longicaudatus*(Ashm.) (Hym: Braconidae) en mango. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, Chapingo, México. 113 p.
- Bailey, L. G. and Bailey, E. Z. 1976. Hortus Third: A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada. McMillan Publishing Co., New York, New York.
- Berlocher, S. H., B.A. Mc Pheron, J. L. Feder y G.L. Bush. 1984. Genetic differentiation at allozyme loci in the *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae).
- Birke, A. M. Aluja(EDITORES). 2004. El Papel de la Ética en la Investigación Científica y la Educación Superior. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 366 p.
- Blanco, S., G. 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapan: descripción general, vegetación y fauna. Cuadernos Universitarios No. 2, Serie Agronomía. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 114 p.
- Boller, E.F. 1965. Beitrag zur Kenntnis der Eiablage und der fertilität Kirschenfliege, *Rhagoletis cerasi* L. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges 193 -202.

- Borys, M. W. 1989. Valor ecológico de tejocote (*Crataegus* spp). Congreso "La Era Ecológica". Resumen. Puebla, Puebla, México. pp. 11–24.
- Bravo, M. H. 1989. Notas del curso control integrado de plagas. Departamento de parasitología. UACH, Chapingo, México, 33 p.
- Brues, C.T. et al. 1954. Clasificación de Insects. Bull. Harvard Mus. Comp.Zool. 118. Cambridge, Massachusetts: Harvard University.
- Bush, G. L. 1969. Sympatric host race formation and speciation in frugivorous flies of the genus *Rhagoletis* Evolution 23: 237-251.
- Bush, G.L. 1966. The taxonomy, cytology and evolution of genus *Rhagoletis* in north america(Diptera: Tephritidae). Harvard Univ. Mus. Comprar. Zool. Bull. 134:431-562.
- Bush, G.L.. 1980. The sympatric colonization of new hosts by parasites. Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology. Abstracts. University of British Columbia. p. 40.
- Calderón, G. 2001. Rosaceae. In : Calderón y Rzedowski. Flora Fanerogámica del Valle de México. Comisión Nacional de la Biodiversidad Instituto de Ecología, A.C., México. pp. 233–250.
- Cameron, P. J. & F. O. Morrison. 1977. Analysis of mortality in Apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Díptera-Tephritidae) in Quebec, Canadian Entomology, 109: 769-787.
- Carton de Grammont, Hubert. 2010. La evolución de la producción agropecuaria en el campo mexicano: concentración productiva, pobreza y pluriactividad. In: Revista Andamios, Vol. 7, Núm. 13. pp: 85-117.
- Cevallos, G. y Galindo, C. 1994. Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México. Editorial Limusa, México, 299 p.
- PMAN, RF. 1982. The insects. Structure and function. Hodder & Stoghton. 33 ed. London. 919 pp.
- CONABIO. 2012.[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/indice\\_especies.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/indice_especies.html)
- CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, Mexico City.
- CONAFRUT. 1984. Producción frutícola nacional. Departamento de estudios económicos. Comisión nacional de fruticultura, México.
- Cristensen, G. And Foote, R. 1965. Family Tphritidae (Tripedidae-Trupaneidae). In : A catalog of Díptera of America North of México (Stone, A., Sabrosky C. W., Wirth W. W.
- CONAGUA. 2009. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Primera Edición. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Coyoacán, México, D.F.
- Curran, 1934. C. H. New North American Diptera, with notes on others. American Museum Novitates No. 526: 1-113.
- Davis, R. W. 1986. Understanding the apple maggot. Utah Science. Fall 1896: 94-97.

- Deschamps Solórzano, L., & Escamilla Caamal, G. (2010). Hacia la Consolidación del Sistema Mexicano de Innovación Agroalimentaria. México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, OEA.
- Dodson, G.N. 1985. Sistema de apareamiento Lek y gran ventaja agresiva masculina en una mosca vesícula formando Tephritidae (Diptera: Tephritidae). *Etología* 99 - 108 .72.
- Eberhard, W. 2000. El comportamiento sexual y la selección sexual de la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) filogenia y evolución de la conducta. 459-489.CRC Boca Raton, FL.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization statistical database). 2010. Consultado. In: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (10 de marzo de 2011).
- Gómez, R. 1979. Introducción al muestreo.
- Foote, A. and Norrbom, R.H. 1989. The taxonomy of the genus *Anastrepha* (DIP: Tephritidae). The fruit flies: their biology, natural enemies and control pp 15 – 25. In: Robinson and Hooper (eds.) *Fruit flies their biology and natural enemies and Control* Vol 3. Elsevier Science. Publishers. Amsterdam. 372 p
- Foote, R. H. A. 1967. Catalogue of the díptera of the americas south of the united states. Family Tephritidae (Trypetidae, Trupaneidae). Dept. Zool. Sec. Arg. Sao Paulo 57: 1-91.
- Forbes, A. A.; Hood, G. R. y J. L. Feder. 2010. Geographic and Ecological Overlap of Parasitoid Wasps Associated With the *Rhagoletis pomonella* (Diptera:Tephritidae) Species Complex. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 103 (6): 908-915.
- Frías., D.L, y Malavasi, A. 1984. Las observaciones de campo de la distribución y las actividades de *Rhagoletis conversa* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am* 548 – 551.
- Gandhi, K. N., J. L. Reveal & L. Brouillet. 2009. (1886-1887) Proposals to conserve the names *Prunus serotina* and *P. virginiana* (Rosaceae) with conserved types. *Taxon* 58(1): 312–314.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de koppen. Instituto de geografía, de la UNAM. 3ª. Edic. 246 p.
- Gut, L. J. & J. F. Brunner. 1994. Parasitism of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*, infesting hawthorns in Washington. *Biocontrol*, 39: 41-49.
- Hagley, E. A. C., A. R. Biggs, G. E. Timbers & J. Coutu-Sundy. 1993. Effect of age of the puparium of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae), on parasitism by *Phygadeuon wiesmanni* Sachtl (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Canadian Entomologist*, 125: 721-724.
- Hartman, H. T. 2002. *Hartman and Kester Plant Propagation*. Prentice Hall, One Lake Street. Davis California, pp.
- Headrick, DH y Goeden RD. 1994. Comportamiento reproductivo de moscas de la fruta de California y la clasificación y evolución de los sistemas de apareamiento Tephritidae (Diptera). *Stud. Dipterol.* 194 – 252.

- Hendrichs, J. 1993. Fletcher BS, y Prokopy RJ. comportamiento alimentario de *Rhagoletis pomonella* flieseffect de la cantidad inicial de alimentos y la calidad en la comida forraje, manejo de costos y burbujeantes. J.Insectos comportamiento 43 pp.
- Hendrichs, J. y Prokopy, R.J. 1990. Donde manzana moscas larvas encontrar comida en la naturaleza Mass. Fruit Notas 1 - 3 .55.
- Hernández-Ortiz, V. 1985. Descripción de una nueva especie Mexicana del Género *Rhagoletis loew* (Diptera: tephritidae). 73-79.
- Hernández-Ortiz, V. 1993. Descripción de una nueva *Rhagoletis* especie tropical de México (Diptera: Tephritidae). Proc. Entomol. Soc. Lávese418 - 424 .95.
- Hernández-Ortiz, V. (2003). Familia Tephritidae: Clasificación actual, relaciones filogenéticos y distribución de taxa Americanos. Memorias del XV curso internacional sobre moscas de la fruta, Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta, Programa MOSCAMED-MOSCAFRUT SAGARPA-IICA. Metapa de Domínguez, Chiapas, 11-23.
- Hernández-Ortiz. V., I. Morales, C. Vergara. 2004. Detección de poblaciones de *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) durante la fructificación de *Crataegus mexicana* (Rosaceae) en Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 20: 119-129
- Hernández-Ortiz, V., J. Guillén-Aguilar, y L. López. 2010. Taxonomía e identificación de moscas de la fruta de importancia económica en Latinoamérica, pp. 49–80. En P. Montoya, J. Toledo, y E. Hernández [eds.], Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo. S y G Editores, México DF.
- INEGI 2012c. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. San Nicolás de los Ranchos, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21143.pdf>.
- A study of the biologyof the apple maggot (*Rhagoletis pomonella*) together with an investigation of methods of control. Cornell Univ. Agric.Exp Stn Buill. 324: 125-188.
- Jácome, I., M. Aluja y Liedo P.1999. Impacto de la dieta del adulto en los parámetros demográficos y poblacionales de la mosca de la fruta tropical *Anastrepha serpentina* (Diptera: Tephritidae). Bull. Entomol.Res. 165 - 175 . 0.89
- Karp, D. 2010. Once the most smuggled fruit from Mexico, Tejocote: No longer forbidden. Fruit Gardener 42 (6):10-14. Leszczyńska-Borys, H; Borys, MW.
- Linares, P.F.A. 1988.Mecanismos de deteccion de las moscas de la fruta. Seminario. Plagas de frutales. CENA – CP, Chapingo, México. p. 283- 304.
- LLorente, B. J. 2013. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Primera edición digital: Facultad de Ciencias. Museo de Zoología. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F.
- Loew, M. 1873. Monographs of the Diptera of North America. Smith. Misc. Coll. 11(3): 1-351.

- Luna, L. 1990. El nogal, producción de fruto y de madera. Ed. Mundi-Prensa. Australian Forestry Institución. 129 pp.
- Macías J., L. 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica de México. Temas Selectos de la Geol. Mex. 17: 379–424.
- Malavasi, A. y Prokopy, F. 1983. Distribution and activities of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) flies on host and nonhost trees. Ann. Ent. Soc. Amer. 76 (2): 286-292
- Martínez Sánchez, D., F. Arce, y N. Pérez. 2005. Insectos nocivos asociados al nogal de castilla. *Juglans regia* la región de La Cañada, Oaxaca. Naturaleza y Desarrollo 3: 25–34.
- McAlpine, J. F. 1981. Morphology and Terminology- adults. In: Manual of Nearctic Diptera 1 (Mc Alpine et al., coord.) Bios. Res. Inst. Monogr. 27: 1-16
- Mendoza, Et, al. 2011. La actividad frutícola en tres municipios de la Sierra Nevada en Puebla. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México. Pp.
- Merz, B. (1991) [*Rhagoletis completa* and *Rhagoletis indifferens*, two North American fruit-flies of economic importance, new to Europe]. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 64, 55-57
- Morales Quirós, J. F. 2014. Rosaceae. En: Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. VII. B.E. Hammel, M.H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora (eds.). Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 129: 437–463.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. Rev. Mex. Biodiv. 76(2): 207-252.
- Muñiz-Reyes, E., R. J. Lomelí-Flores, y J. Sánchez-Escudero. 2011. Parasitoides nativos de *Rhagoletis pomonella* Walsh (Diptera: Tephritidae) en tejocote *Crataegus* spp. en el Centro de México. Acta Zool. Mex. (ns) 27: 425–440
- Muñiz-Reyes, 2011. Detección de poblaciones en *Rhagoletis Pomonella* (díptera:Tephritidae) durante la fructificación de *Crataegus Mexicana* (Rosácea) en Puebla, México. 119-128.
- Muratalla, M. E. 1992. Comportamiento fisiológico en pre y postcosecha del fruto de cinco selecciones de capulín (*Prunus serótina*). Colegio de Posgrsaduados, México. 4-10
- Nieto-Angel, R., M.W. Borys. 1992. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. (SOMEFI), Chapingo; México. Pp. 309-324.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. 2001. NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, D.F.



- Norrbom, A., Carroll, L.E 1999. Thompson .Base de datos sistemática de nombres. FC Thompson Fruit fly experto del sistema y base de datos de información sistemática (Myia vol. 9). 65-251. Backhuys Leiden, Países Bajos.
- Núñez-Colín, CA; Sánchez-Vidaña, DI. 2011. Ethnobotanical, cultural, and agricultural uses of tejocote (*Crataegus* species) in Mexico. *Acta Horticulturae* 918:901-910.
- Ochoa, J. M. 1989. Aplicación de la Fenología en las Especies Frutícolas. Tesis Profesional (Ing. Agrícola). FESC Cuautitlan, UNAM. México.
- Opp, S.N. y Prokopy R.J. 1987. Los cambios estacionales en avistamientos de marcado, silvestre. *Rhagoletis pomonella* vuelo en la naturaleza. *Florida Entomol* 449 – 457.
- Piñero, J., M. Aluja, M. Equihua & M. M. Ojeda. 2002. Feeding history, age and sex influence the response of four economically important *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) to human urine and hydrolyzed protein. *Folia Entomológica Mexicana* 41: 283-298.
- Prokopy, R.J y Economopoulos, A.P. 1975. Atracción de laboratorio-cultivadas y silvestres *Dacus oleae* vuela a trampas McPhail pegajoso recubiertos de diferentes colores y olores. *Environ. Entomol* 187 – 192.
- Prokopy, R.J. 1972. La evidencia de una feromona de marcaje de oviposición repetido en las moscas de la manzana. *Environ. Entomol* 1326 - 332
- Prokopy, R.J. 1980. comportamiento de apareamiento de frugívoros Tephritidae en la naturaleza. *Proceedings, Simposio sobre Problemas de mosca de la fruta, XVI Congreso Internacional de Entomología, Kyoto, Japón.* 37-46. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Yatabe, Ibaraki, Japón.
- Prokopy, R.J. Bennett, E.W. 1971. Comportamiento de apareamiento en *Rhagoletis pomonella*. I. Sitio de reunión. *Can. Entomol uno mil cuatrocientos cinco - una mil cuatrocientos nueve* .103.
- Prokopy, R.J. y Bush G.L. 1972. Conducta de apareamiento en *Rhagoletis pomonella*. *Can. Entomol* 275 - 283 0.104.
- Reynolds et al. Alan H. Reynolds, Ronald J. Prokopy. 1996. Apple maggot fly (Diptera Tephritidae) response to perforated red spheres. *Rhagoletis pomonella* traps 173-175
- Rodríguez del Bosque, L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). 2007. Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Rull, J., M. Aluja, J. L. Feder. & S. H. Berlocher. 2006. The distribution and host range of hawthorn–infesting *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 662–672.
- Rull, J.; Wharton, R.; Feder J. L.; Guillén, L.; Sivinski, J.; Forbes, A. y M. Aluja. 2009. Latitudinal Variation in Parasitoid Guild Composition and Parasitism Rates of North American Hawthorn Infesting *Rhagoletis*. *Environ. Entomol.* 38(3): 588-599.
- Rzedowski, J. (1998), "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", in Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. Consultado en SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_rapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_rapper&view=wrapper&Itemid=351) (febrero de 2011).
- Sánchez G., A. (2004), Análisis sin ecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, tesis de Doctorado en Ciencias (Botánica), Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Semarnat-CONANP). 2013. Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Programa de Manejo. México, D.F., México. 19 p.
- Sivinski, J., M. Aluja, 2000. Temas de la evolución del comportamiento sexual en el Tephritidae. 751-792. CRC Boca Raton, FL.
- Smith, D.C. 1985. Actividad general y el comportamiento reproductivo de *Rhagoletis Tabellaria* (Diptera: Tephritidae) vuela en la naturaleza. J.Kans. Entomol. Soc. 737 - 739 0.58.
- Smith, D.C. y Prokopy R.J. 1982. Comportamiento de apareamiento en *Rhagoletis pomonella*. VI. Sitio de encuentros de principio de temporada. Can. Entomol 489 - 495 0.112.
- Smith, D.C. y Prokopy, R.J. 1981. Actividad estacional y diurna del *Rhagoletis mendax* vuela en la naturaleza. Ann. Entomol. Soc. Am 462 - 466 . 0.74
- Smith, D.C. 1984. La alimentación, el apareamiento y la oviposición de *Rhagoletis cingulata* (Diptera: Tephritidae) vuela en la naturaleza. Ann. Entomol. Soc. Am 702 - 704 0.77.
- Smith, J.J. y Bush GL. 2000. El género *Rhagoletis* . moscas de la fruta (Tephritidae) filogenia y evolución de la conducta. 187-217. CRC Boca Raton, FL.
- Soil Survey Staff. 1994. Claves para la Taxonomía de Suelos. Traducción del inglés por Carlos A. Ortiz S. y Ma. del C. Gutiérrez C. Publicación especial 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México.
- Soto, M. 1986. Localidades y climas del Estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos bióticos (INIREB). Xalapa Veracruz, México.
- Steyskal, G.C. 1977. Pictorial key to species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Proc. Ent. Soc. pp.