



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

## **BIOECOLOGÍA DE *Triozia aguacate* Hollis & Martin (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)**

**MARÍA GRACIELA GONZÁLEZ SANTAROSA**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

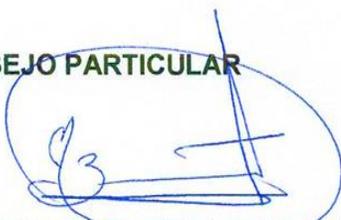
2014

La presente tesis, titulada: **Bioecología de *Trioxa aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae)**, realizada por la alumna: **María Graciela González Santarosa**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO**

  
**DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ**

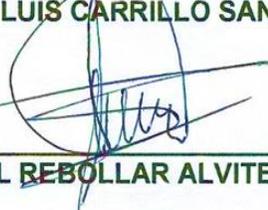
**ASESOR**

  
**DR. JESÚS ROMERO NÁPOLES**

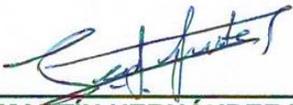
**ASESOR**

  
**DR. JOSÉ LUIS CARRILLO SÁNCHEZ**

**ASESOR**

  
**DR. ÁNGEL REBOLLAR ALVITER**

**ASESOR**

  
**DR. LUIS MARTÍN HERNÁNDEZ FUENTES**

**Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2014**

# BIOECOLOGÍA DE *Trioza aguacate* Hollis & Martin (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

María Graciela González Santarosa, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2014

## RESUMEN

El psílido *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) causa deformación de hojas y brotes jóvenes de aguacate (*Persea americana* Mill.) y en los últimos años ha incrementado su densidad de población en los huertos. El estudio se realizó en tres huertos ubicados a diferentes altitudes, en Michoacán, México, complementado este con observaciones efectuadas en cámaras de cría en un laboratorio. El psílido no se presentó en el huerto con menor altitud (1293 m), pero sí estuvo en los otros huertos (1860 m y 2130 m); donde se manifestó, lo hizo en dos periodos de enero a junio de 2012 y de enero a junio de 2013. La mayor incidencia de todos los estados de desarrollo se exhibió de marzo a mayo, coincidiendo con la abundancia de brotes vegetativos, en ambos periodos. La abundancia de huevos y ninfas mostró correlación positiva alta con la brotación de primavera, correlación negativa de alta a moderada con la precipitación pluvial y correlación no significativa con la temperatura. La incidencia de adultos presentó correlación alta con respecto a la brotación de primavera, y no significativa con la temperatura. Tanto las ninfas como los adultos mostraron una distribución espacial en agregados. El parasitoide *Tamarixia aguacatensis*, también se manifestó en dos periodos bien definidos; en el huerto de altitud intermedia se presentó de febrero a junio de 2012 y 2013, alcanzando en el primer ciclo, porcentajes de parasitismo entre el 33.3 y 93.8 %, mientras que en el ciclo 2013, estuvo entre 20.8 y 60 %; en el huerto con mayor altitud, se observó de marzo a julio de 2012 y 2013, alcanzando porcentajes de parasitismo de 22.5 y 60 % en el ciclo 2012, mientras que en el ciclo 2013, estuvo entre 14.3 y 66.7 %. También se encontraron siete depredadores asociados con *T. aguacate*. El ciclo de vida del psílido fue de 24.7 días: 7 días de incubación y 17 días de periodo ninfal.

**Palabras clave:** psílido, Triozidae, ectoparasitoide, Eulophidae, plagas de aguacate.

## BIOECOLOGY OF *Trioza aguacate* Hollis & Martin (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

María Graciela González Santarosa, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2014

### ABSTRACT

The Psyllid *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) causes malformations in avocado (*Persea americana*) leaves and young buds, and has increased its population density in orchards in the last few years. This study was carried out in three orchards located at different altitudes in Michoacan, Mexico, as well as complementation with determinations carried out in growth chambers in a laboratory. The psyllid was not present in the lowest lying orchard (1293 m), as it was in the other two (1860 m and 2130 m, respectively). Where it did manifest, it did so in two periods (January to June, 2012, and January to June, 2013). The highest incidence in any development stage was from March to May, coinciding with the abundance of vegetative budding, in both periods. The abundance of eggs and nymphs showed a high positive correlation with spring budding, negative high to moderate correlation with rainfall, and non-significant correlation with temperature. Both nymphs and adults showed an aggregate spatial distribution. The parasitoid *Tamarixia aguacatensis* was also present in two well-defined periods. In the middle-height orchard, it was present from February to June, 2012 and 2013; reaching, in the first cycle, parasitism percentages ranging from 33.3 to 93.8%, while in the 2013 cycle, the percentages ranged from 20.8 to 60%. In the highest orchard, it was present from March to July, 2012 and 2013, reaching parasitism percentages between 22.5 and 60% in the 2012 cycle, and between 14.3 and 66.7% in the 2013 cycle. Seven predators associated with *T. aguacate* were also found. The life cycle of the psyllid was 24.7 days incubation and 17 days in the nymph stage.

**Key words:** psyllid, Triozidae, ectoparasitoid, Eulophidae, avocado pests.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de Doctorado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por otorgarme la beca para tesis de posgrado.

Al Colegio de Postgraduados y al Postgrado en Fitosanidad, por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Al Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de continuar con mi superación académica.

A los Doctores: **Néstor Bautista Martínez, Jesús Romero Nápoles, Ángel Rebollar Alviter, José Luis Carrillo Sánchez y Luis Martín Hernández Fuentes**, integrantes de mi Consejo Particular, por su apoyo incondicional, tiempo, dedicación y sugerencias para llevar a buen término la presente investigación.

Al Dr. Fermín Jaimes Albiter, por su apoyo brindado en cada una de las fases de esta investigación y por sus acertadas sugerencias.

Al Dr. Samuel Ramírez Alarcón, por prestarme desinteresadamente su laboratorio de control biológico.

A la Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia, por ser una excelente investigadora.

Al M.C. Jorge Valdez Carrasco por, su paciencia y apoyo en la toma de fotografías.

Al Dr. Refugio Lomelí Flores, por su dedicación y sugerencias para llevar este trabajo.

Al Ing. Héctor Guillén León, por su amistad, apoyo incondicional y sugerencias para el establecimiento de ensayos en campo.

Al M.C. José Luis Caballero, Ing. Enrique Figueroa Juárez, Sr. Idelfonso Ponce Rubio y Sr. Alejandro Guerrero Vázquez, dueños y encargados de los huertos de aguacate donde se realizó la investigación.

A mis compañeros de salidas de campo y largas jornadas de trabajo: Martín Castro, Don Alfredo, Juan Carlos, Fermín Jaimes, Lauro Soto, Daniel García, Adrián Soto y Marcelino. Gracias

## DEDICATORIA

A mis padres: **Bertha Santarosa y Luis González**, por haberme brindado la vida, trasmitirme su energía y por todo su el apoyo incondicional en cada una de mis decisiones.

A mis hijas e hijo: **Betsy Stephani, Belem, Lorena y Ángel**, quienes son lo más importante de mi vida, y el aliciente para seguir adelante, espero sembrar en ustedes la semilla de la superación.

A mis hermanos: **Gerardo, José Luis, Manuel, Jorge, Martín, Rigoberto y Lupe**, porque sé, que mis triunfos los disfrutaban como si fueran suyos.

A **Fermín**, por estar conmigo e impulsarme en todo momento a la superación, gracias.

Al **Dr. Néstor Bautista**, por confiar en mí.

Al **Dr. Ángel Rebollar**, por trasmitirme el amor y compromiso a la investigación.

A todos mis tíos (as), sobrinos (as), cuñados (as) y concuños (as).

A la familia Ponce Servín, del ejido El Tarascón, Salvador Escalante, Michoacán, por brindarme su amistad incondicional y por no dejarme sola en ninguna de las salidas de campo.

A los gemelos (Vicente y Luis) y a Bryan, por su carisma y alegría.

A mis amigos: Samuel Velázquez, Verónica Ávila, Celia Gaytán, Lupe Brito, Grisel Pat, Socorro Medina, Crispín, Braulio, Vivas, Nohemí, Rosas, Mario Vaca, Martín Castro, Lauro, Daniel, Nuvia, Martita, Isabel, Isis, Delfina, Berestrain, Sol, Haidel, Eduardo, Edgar, Iliana y Jesús.

## CONTENIDO

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
1.1. Generalidades del aguacate ( <i>Persea americana</i> ).....	4
1.1.1. Situación del aguacate en Michoacán.....	4
1.1.2. Requerimientos agroecológicos del aguacate.....	4
1.1.2.1. Temperatura .....	5
1.1.2.2. Radiación solar .....	5
1.1.2.3. Humedad relativa .....	6
1.1.2.4. Precipitación pluvial.....	6
1.1.2.5. Altitud.....	7
1.1.2.6. Vientos.....	8
1.1.2.7. Requerimientos edáficos.....	8
1.1.3. Plagas del aguacate.....	9
1.2. Generalidades de <i>Trioza aguacate</i> .....	11
1.2.1. Sistemática de Psylloidea .....	11
1.2.2. Familia Triozidae.....	12
1.2.3. Género <i>Trioza</i> Foerster (1848).....	14
1.2.4. Clasificación taxonómica de <i>Trioza aguacate</i> .....	14
1.2.5. Descripción de <i>Trioza aguacate</i> .....	16
1.2.6. Familia Lauraceae hospedera del género <i>Trioza</i> .....	15
1.3. Generalidades del parasitoide <i>Tamarixia aguacatensis</i> .....	15
1.1.3. Familia Eulophidae .....	17
1.1.4. Género <i>Tamarixia</i> en México.....	17
1.1.5. Características de <i>Tamarixia aguacatensis</i> .....	19
<b>CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN, MORFOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE <i>Trioza aguacate</i> (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)</b> .....	20

2.1. RESUMEN.....	20
2.2. ABSTRACT.....	21
2.3. INTRODUCCIÓN.....	22
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
2.4.1. Biología y hábitos de <i>Trioza aguacate</i> .....	24
2.4.2. Ubicación del ensayo.....	24
2.4.3. Obtención del psílido y plantas hospederas.....	24
2.4.4. Biología de <i>T. aguacate</i> .....	25
2.4.5. Características morfológicas y morfométricas de <i>T. aguacate</i>	25
2.4.5.1. Obtención de especímenes.....	25
2.4.5.2. Medición morfométrica.....	26
2.5. RESULTADOS.....	27
2.5.1. Biología y hábitos de <i>T. aguacate</i> .....	27
2.5.2. Características morfológicas y morfométricas de <i>Trioza</i>	
<i>aguacate</i> .....	29
2.5.2.1. Características del huevo.....	29
2.5.2.2. Características de las ninfas.....	29
2.5.2.3. Características de los adultos.....	34
2.6. DISCUSIÓN.....	35
2.7. CONCLUSIONES.....	37
<b>CAPITULO III. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN</b>	
<b>ESPACIAL DE <i>Trioza aguacate</i> (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) EN</b>	
<b>MICHOACÁN, MÉXICO.....</b>	<b>38</b>
3.1. RESUMEN.....	38
3.2. ABSTRACT.....	39
3.3. INTRODUCCIÓN.....	40
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.4.1. Ubicación del área de estudio.....	41
3.4.2. Abundancia y fluctuación poblacional de <i>T. aguacate</i> .....	41
3.4.3. Distribución espacial.....	43
3.5. RESULTADOS.....	44

3.5.1. Abundancia de <i>T. aguacate</i> .....	44
3.5.2. Fluctuación poblacional de <i>T. aguacate</i> .....	45
3.5.3. Distribución espacial.....	51
3.6. DISCUSIÓN.....	53
3.7. CONCLUSIONES.....	56
<b>CAPÍTULO IV. PARASITISMO EN NINFAS DE <i>Trioza aguacate</i></b> <b>(HEMIPTERA: TRIOZIDAE) POR <i>Tamarixia aguacatensis</i></b> <b>(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) Y OTROS ENEMIGOS NATURALES</b>	
4.1. RESUMEN.....	57
4.2. ABSTRACT.....	58
4.3. INTRODUCCIÓN.....	59
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	60
4.4.1. Ubicación del área de estudio .....	60
4.4.2. Identificación del parasitoide .....	60
4.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional del psílido <i>T. aguacate</i> y del parasitoide <i>T. aguacatensis</i> .....	61
4.4.4. Incidencia y hábitos de <i>Tamarixia aguacatensis</i> .....	62
4.4.5. Detección de depredadores.....	62
4.5. RESULTADOS.....	63
4.5.1. Identificación del parasitoide.....	63
4.5.2. Abundancia y fluctuación poblacional.....	63
4.5.3. Incidencia y hábitos de <i>Tamarixia aguacatensis</i> .....	66
4.5.4. Depredadores de <i>Trioza aguacate</i> .....	71
4.6. DISCUSIÓN.....	71
4.7. CONCLUSIONES.....	73
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>75</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	<i>Trioza aguacate</i> , duración en días de cada uno de los instares ninfales. (Media $\pm$ SE).....	27
Cuadro 2.	Medidas promedio de las variables morfológicas de ninfas de <i>T. aguacate</i> dadas en $\mu$ m (Media $\pm$ SE).....	31
Cuadro 3.	Medidas promedio de las variables morfológicas de machos y hembras de <i>T. aguacate</i> dadas en mm (Media $\pm$ SE).....	35
Cuadro 4.	Comparación del tamaño de huevo de diferentes psílidos con <i>T. aguacate</i> .....	36
Cuadro 5.	Número de huevos, ninfas y adultos de <i>Trioza aguacate</i> colectados en todos los brotes y en todas las trampas muestreadas, y la relación macho:hembra., en huertos ubicados a diferente altitud, en Michoacán, México.....	45
Cuadro 6.	Coefficiente de correlación de Spearman entre precipitación, temperatura y número de brotes vegetativos, con la densidad de huevos, ninfas y adultos de <i>T. aguacate</i> en diferentes altitudes en Michoacán, México. ....	50
Cuadro 7.	Índices de agregación calculados con el número promedio de ninfas y adultos de <i>T. aguacate</i> por muestreo para el nivel altitudinal medio. Salvador Escalante, Michoacán, México...	51
Cuadro 8.	Índices de agregación calculados con el número promedio de ninfas y adultos de <i>T. aguacate</i> por muestreo para el nivel altitudinal alto. San Lorenzo, Uruapan, Michoacán, México....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Representación esquemática de la clasificación de Burckhardt & Ouvrard (2012), que incluye familias y subfamilias de Psylloidea.....	12
Figura 2. Estructuras del ala anterior del género <i>Trioza</i> donde se muestra la venación (EPPO, 2005).....	13
Figura 3. Estructuras del ala anterior de <i>Trioza aguacate</i> donde se muestra la venación, celdas y area radular (ar).....	15
Figura 4. Estados inmaduros de <i>Trioza aguacate</i> : (a ) Huevo; (b) primer ínstar; (c) segundo ínstar; (d) tercer ínstar; (e) cuarto ínstar; (f) quinto ínstar.....	32
Figura 5. Características morfológicas del quinto ínstar de <i>Trioza aguacate</i> : (a) sectosetas en cabeza; (b) vista dorsal izquierda y ventral derecha; (c) antena con 7 segmentos; (d) sectosetas en paquetes alares; (e) arolium tarsal; (f) sectosetas en abdomen; (g) anillo del poro circumanal....	33
Figura 6. <i>Trioza aguacate</i> , vista lateral: (a) macho; (b) macho recién emergido; (c) hembra.....	34
Figura 7. Datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en la huerta La Fontana ubicada en el nivel altitudinal bajo (1293 m): a) temperaturas promedio, máximas y mínimas. b) Fluctuación de brotes vegetativos.....	47

Figura 8.	Fluctuación poblacional de <i>T. aguacate</i> , datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en el huerto Los Gemelos ubicada en el nivel altitudinal medio (1860 m): a) Fluctuación de huevos, ninfas y adultos; b) Temperaturas promedio, máximas y mínimas; c) Fluctuación de brotes vegetativos. ....	48
Figura 9.	Fluctuación poblacional de <i>T. aguacate</i> , datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en el huerto San Lorenzo ubicada en el nivel altitudinal alto (2130 m): a) Fluctuación de huevos, ninfas y adultos; b) Temperaturas promedio, máximas y mínimas; c) Fluctuación de brotes vegetativos.....	49
Figura 10.	Fluctuación poblacional de <i>Tamarixia aguacatensis</i> en el huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán.....	65
Figura 11.	Fluctuación poblacional de <i>Tamarixia aguacatensis</i> en el huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán.....	66
Figura 12.	<i>Tamarixia aguacatensis</i> : a), b), c), d) diferentes estados larvales del parasitoide, e) color de la pupa recién formada, f) color de la pupa próxima a emerger, g) ninfa momificada, h) orificio de salida del parasitoide, i) macho adulto.....	67
Figura 13.	Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de <i>Trioza aguacate</i> ocasionado por <i>T. aguacatensis</i> . Huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Ciclo 2012.....	68

Figura 14.	Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de <i>Trioza aguacate</i> ocasionado por <i>T. aguacatensis</i> . Huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Ciclo 2013.....	69
Figura 15.	Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de <i>Trioza aguacate</i> ocasionado por <i>T. aguacatensis</i> . Huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán. Ciclo 2012.....	70
Figura 16.	Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de <i>Trioza aguacate</i> ocasionado por <i>T. aguacatensis</i> . Huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán. Ciclo 2013.....	70

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto tropical originario de las partes altas del centro y este de México, y partes altas de Guatemala. Dichas áreas están incluidas en lo que se conoce como Mesoamérica, donde se considera que se llevó a cabo la domesticación del mismo (Williams, 1977).

Este cultivo ha adquirido gran importancia en el mercado internacional, dejando de ser una fruta exótica, para incorporarse a la dieta de muchos países (Téliz *et al.*, 2007). Esta tendencia se ha reforzado por la importancia mundial creciente en el consumo de productos naturales, por lo que a nivel internacional, la exportación comercial de aguacate se ha intensificado (COMA, 2012). Para el año 2012, la producción mundial de aguacate se estimó en 4,360,018 t en una superficie de 486,040 ha que se distribuyeron en 68 países, donde México es el principal productor, pues contribuye con el 32 % de la producción mundial (FAOSTAT, 2014).

En México, en 2013, la superficie cosechada con aguacate fue de 144,244 ha, donde se produjeron 1,467,837 t de fruta al año. Para este mismo año, se reportaron plantaciones de aguacate de la variedad Hass en 13 entidades federativas, dentro de las cuales se encuentra Michoacán (SIAP, 2014).

En el estado de Michoacán, en el año 2013, el aguacate cuenta con una superficie plantada de 122,251 ha, de la cual, 122,739 ha se cosecharon y de ellas se obtuvo una producción de 1,193,751 t, con un valor de la producción de \$ 15, 509,565.30, que representa el 85 % de la producción nacional (SIAP, 2014). Este producto es de

gran importancia socioeconómica en esta entidad, por los diferentes beneficios que proporciona a productores, comercializadores, industrializadores y consumidores (Téliz *et al.*, 2007; COMA, 2012).

La familia Lauraceae, a la cual pertenece el aguacate (*P. americana*), está asociada con 58 especies de Psylloidea, de las cuales, el 72 % son de la familia Triozidae, y dos terceras partes de estos, causan algún tipo de deformación en sus plantas hospederas (Hollis & Martin, 1997).

En México solo se han reportado dos especies del género *Trioza* afectando al aguacate. Tuthill (1943) describió a *Trioza anceps*, la cual afecta a árboles criollos, formando agallas en las hojas; en tanto que Hollis & Martin (1997), describieron a *Trioza aguacate* y señalan que provoca deformación de hojas y brotes jóvenes. Esta última especie ha sido considerada como plaga secundaria, por lo que ha recibido poca atención; sin embargo, en últimas fechas se ha ido incrementando la densidad de población, lo que hace que los productores se empiecen a preocupar.

Existen enemigos naturales asociados con este psílido, que posiblemente ejercen un papel importante en su control. Recientemente se describió para México a *Tamarixia aguacatensis* Yefremova (Hymenoptera: Eulophidae) como un parasitoide de ninfas de *Trioza aguacate* (Yefremova *et al.*, 2014).

Con base en lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos: a) estudiar la biología, hábitos y describir los estados de desarrollo de *T. aguacate*; b) determinar la fluctuación poblacional e índices de agregación del psílido, en tres niveles altitudinales en el estado de Michoacán y c) conocer la fluctuación poblacional del

parasitoide *Tamarixia aguacatensis*, determinar su porcentaje de parasitismo y reconocer los depredadores asociados al psílido *T. aguacate*.

Con el propósito de exponer con mayor claridad los resultados obtenidos, el presente trabajo se organizó en cuatro capítulos. En el primero se proporciona la información relevante del aguacate, del psílido *T. aguacate* y de su parasitoide *T. aguacatensis*. En el capítulo dos, se aborda la biología, los hábitos y la descripción de los estados de desarrollo del psílido. En el capítulo tres, se describe el comportamiento de la fluctuación poblacional del psílido en tres niveles altitudinales en Michoacán. En el cuarto capítulo, se hace referencia a los niveles de parasitismo alcanzados por el parasitoide *T. aguacatensis* y se mencionan los depredadores asociados a *T. aguacate*.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Generalidades del aguacate (*Persea americana*)

##### 1.1.1. Situación del aguacate en Michoacán

En Michoacán, se encuentra la región productora de aguacate más grande del mundo, denominada “Franja aguacatera”, con una superficie superior a 103 mil hectáreas (Gutiérrez-Contreras *et al.*, 2010), y en altitudes que varían de 1000 a más de 2600 m. Sin embargo, la mayoría de las huertas se encuentran a una altitud de 1800 a 2200 m. En esta región, existen 11 microclimas que permiten la cosecha de aguacate todo el año (Echánove, 2008). En 46 municipios de Michoacán se cultiva el aguacate, siendo los principales: Tancítaro, Tacámbaro, Salvador Escalante, Uruapan, Peribán, Ario, Nuevo Parangaricutiro, Los Reyes, Ziracuaretiro y Tingambato, pues concentran 89% de la superficie cosechada (SIAP, 2014).

En La producción del aguacate, representa la principal actividad económica en este estado, generando más de 16,800 empleos fijos al año y más de 70,000 empleos temporales ligados a la actividad, sumando más de 6 millones de jornales al año y una derrama económica de más de 750 millones de pesos al año (COMA, 2012).

##### 1.1.2. Requerimientos agroecológicos del aguacate

Los factores agroecológicos influyen sobre todos los aspectos del desarrollo de las plantas y determinan el potencial genético productivo alcanzado (Whiley y Schaffer,

1994). Entre los factores que inciden en el desarrollo de la planta de aguacate se encuentran: temperatura, luz, humedad relativa, precipitación pluvial, altitud, vientos y edáficos.

#### **1.1.2.1. Temperatura**

Las bajas temperaturas son la principal condicionante para el establecimiento de los huertos de aguacate. En el aguacate variedad Hass, la temperatura incide directamente en la duración del periodo de flor a fruto, alargándose este a medida que la temperatura disminuye (Lomas, 1988; Gardiazabal, 1990; Alfonso, 2008). En zonas frías este periodo dura de 10 a 14 meses, mientras que en las zonas cálidas, únicamente de 5 a 8 meses. Esta variedad es sensible a las heladas extremas y calor excesivo, principalmente en la etapa de floración y fructificación. Las condiciones ideales para esta variedad son temperaturas medias anuales de 14 a 24 °C, con temperaturas diurnas entre 20 a 30 °C y nocturnas entre 10 a 20 °C, lo que permite el almacenaje por más tiempo del fruto en el árbol y extender el periodo de recolección (Lovatt, 1990; Alfonso, 2008).

#### **1.1.2.2. Radiación solar**

La intensidad y duración de la luminosidad son factores determinantes de la floración (Coutanceau, 1964). Cuando la iluminación es baja, respecto a sus requerimientos, el crecimiento vegetativo se reduce, tanto en número como en longitud de los brotes, así como en el tamaño de las hojas, resultando en el menor desarrollo del árbol y una menor actividad fotosintética (Gil-Albert, 1992), este

mismos autor, señala que la falta de luz afecta la inducción y diferenciación floral, causada por el bajo nivel de carbohidratos acumulados.

Las ramas del árbol de aguacate que están demasiado sombreadas son improductivas, por ello es importante realizar las prácticas adecuadas de poda y controlar la densidad de las plantas. La exposición a la luz solar es bastante benéfica para el cultivo; sin embargo, el tallo y las ramas primarias son susceptibles a quemaduras de sol (Bárcenas, 2000).

#### **1.1.2.3. Humedad relativa**

Los requerimientos de humedad relativa del aguacate oscilan entre 75 a 80 %, para lograr un mejor prendimiento de flor y cuajado del fruto. El exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas, o enfermedades fungosas que afectan al follaje, la floración, la polinización y el desarrollo de los frutos. Un ambiente excesivamente seco, provoca la muerte del polen con efectos negativos sobre la fecundación y con ello la formación de menor número de frutos (Alfonso, 2008).

#### **1.1.2.4. Precipitación pluvial**

El aguacate demanda regímenes pluviales de 500 a 1000 mm bien distribuidos a lo largo del año (Villalpando, 1985; Tapia, 1994; Ruíz-Corral *et al.*, 1999). La variedad Hass requiere de 1200 a 1800 mm de lluvia anual (Godínez *et al.*, 2000); sin embargo, se debe proporcionar riego suplementario durante la época seca y

canícula del primer año de establecimiento. Sánchez-Pérez *et al.* (2001) señalan que el árbol de aguacate en producción tiene un requerimiento de 3.2 mm de agua por día, por lo que durante la temporada de enero a mayo requiere una suplementación mediante riego, equivalente a una lámina de 480 mm. El riego localizado alarga la fase productiva e incrementa entre 30 y 50 % los rendimientos, mejora las cualidades organolépticas del fruto y el desarrollo de los árboles. El período más crítico en el que la planta debe disponer de suficiente agua, abarca desde el cuajado del fruto, hasta la cosecha. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento. El exceso de precipitación durante la floración y la fructificación, reducen la producción y provoca la caída del fruto (Alfonso, 2008).

#### **1.1.2.5. Altitud**

Este cultivo se establece desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altitud, aunque en la práctica existen huertos a más de 2400 m, considerados fuera del área apropiada para una producción rentable (Benachio, 1982; Ruíz-Corral *et al.*, 1999). A altitudes superiores a los 2000 m se reduce la altura, el diámetro y el volumen del árbol, se retrasa la floración y se extiende el periodo de maduración en dos a tres meses (Martínez, 1998), y en altitudes menores de 1100 m esta variedad presenta limitaciones para su producción, causando que los frutos sean de menor tamaño, mayor presencia de plagas y enfermedades a nivel foliar y mayor incidencia de hongos en raíz (Garbanzo, 2011).

Este árbol tiene una amplia adaptación a diferentes altitudes dependiendo de la raza de origen. La raza antillana prospera desde el nivel del mar hasta 800 m; la

raza guatemalteca se adapta a un rango que oscila del nivel del mar hasta 1200 m, y la raza mexicana de 950 a 2250 m (Sánchez-Pérez, 2001).

En Michoacán las plantaciones de aguacate se localizan entre los 101° 20' y 103° 40' de longitud oeste y entre 19° 00' y 20° 00' de latitud norte; a una altitud que oscila entre los 1200 y 2400 m, con mayor concentración de huertos (85%) entre los 1600 y 2200 m (Anguiano-Contreras *et al.*, 2003).

#### **1.1.2.6. Vientos**

El árbol de aguacate es susceptible a vientos fuertes, tanto desecantes como fríos, que inhiben la polinización y la fructificación causando fuertes daños y caída de ramas, flores y frutos; además produce lesiones por rozamiento entre frutos y ramas. Los vientos secos lastiman el estigma de la flor y dificultan el vuelo de los agentes polinizadores, deshidratan y provocan aborto de los frutos pequeños. Su sistema radicular lo hace susceptible a los vientos huracanados (Alfonso, 2008).

#### **1.1.2.7. Requerimientos edáficos**

Álvarez (1979) señala que los suelos apropiados para el cultivo de aguacate son los de textura media y profundos. Los suelos arenosos no son recomendables ya que los árboles no adquieren buen desarrollo. Díaz (1979) señala que el pH más recomendado para este cultivo varía entre 5.5 y 6.5, de manera que los valores superiores pueden presentar problemas de asimilación de algunos elementos.

Sin embargo, en los municipios Tepic y Xalisco en el estado de Nayarit este cultivo se establece en suelos origen volcánico, de color café a café claro amarillento en la superficie, disminuyendo la intensidad del mismo hasta encontrarse con una coloración blanca que se prolonga hasta el fondo del perfil conocido como “pómez” o “xal” (Ulloa-Méndez, 1994). Estos suelos son poco profundos (30 a 90 cm), con excelentes características físicas (textura franca, estructura granular) y son fáciles de operar mecánicamente (Salazar-García y Lazcano-Ferra, 1999). En esta zona, la mayor parte de la superficie con aguacate es de temporal, con lluvias anuales de 1225 mm, distribuidos de junio a septiembre. El éxito en la producción de temporal en estos municipios se atribuye al suministro de humedad que proporciona el subsuelo (Xal) durante la época de sequía (octubre-mayo). Además de humedad, el “xal” proporciona excelente drenaje lo cual reduce la incidencia del hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands. También, estos suelos presentan características apropiadas para de este cultivo, sin embargo, se deben de corregir las deficiencias de potasio, azufre y boro con aplicación de fuentes externas de estos nutrimentos (Salazar-García y Lazcano-Ferra, 1999).

### **1.1.3. Plagas del aguacate**

A nivel mundial, se reportan 108 especies de insectos y ácaros. Los insectos están distribuidos en los ordenes: Tysanoptera, Hemiptera, Lepidoptera y Diptera, en las principales regiones productoras de aguacate, los cuales agrupan el mayor número de especies nocivas de este frutal (Waite & Martínez, 2002).

Las plagas insectiles pueden provocar daños directos e indirectos en la producción. Este árbol, puede ser atacado por plagas primarias dentro de las cuales se encuentran las de importancia cuarentenaria (que limitan la movilización y comercialización de la fruta) y las de importancia económica que se encuentran en todas las zonas aguacateras alimentándose del fruto, con lo que disminuyen su calidad y producen pérdidas económicas (Téliz *et al.*, 2000); en las plagas secundarias se ubican aquellas que son ocasionales o se presentan a niveles sub económicos, aunque pueden reducir el vigor y afectar la producción (González *et al.*, 2000).

Dentro de las plagas de importancia cuarentenaria se incluyen a barrenadores pequeños del hueso (*Conotrachelus perseae* y *Conotrachelus aguacatae*), barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*), barrenador grande del hueso (*Heilipus lauri*) y la palomilla barrenadora del hueso (*Stenomoma catenifer*); estas plagas mantienen al cultivo regulado y la movilización está sujeta a un estricto control con base en lo estipulado en la norma NOM-066-FITO-1995 (DOF, 1996).

En las plagas de importancia económica se incluyen a los trips (Thripidae), ácaros (*Oligonychus punicae* y *O. perseae*) y agalla de la hoja (*Trioza anceps*) (González *et al.*, 2000). En las plagas secundarias se encuentran algunos lepidópteros defoliadores como el gusano verde o quemador (*Copaxa multifenestrata*), gusano perro (*Papilio garamas*), gusano confeti (*Pyrrhopyge chalybea*), escamas armadas (Diaspididae), escamas blandas (Coccidae), piojos harinosos (Pseudococcidae), periquito del aguacate (*Metcalfiella monogramma*), mosquitas blancas (Aleyrodidae)

(González *et al.*, 2000), chicharrita (*Idona minuenda* Ball) reportada en Tamaulipas (Triapitsyn, 2000) y el psílido del aguacate (*Trioza aguacate*) (Hollis & Martín, 1997).

## **1.2. Generalidades de *Trioza aguacate***

### **1.2.1. Sistemática de Psylloidea**

Filogenéticamente el suborden Sternorrhyncha está dividido en las superfamilias: Psylloidea, Aleyrodoidea, Aphidomorpha y Coccoidea. La superfamilia Psylloidea es más generalizada tanto en su morfología, como en su biología y están escasamente representados en el registro fósil del jurásico temprano (Grimaldi & Engel, 2005). Peñalver & García (2006) mencionan que los fósiles de Psylloidea no son muy comunes y los psilloideos más antiguos se encontraron a inicios del Jurásico y a mediados del Cretácico en Euroasia. White & Hodkinson (1985) señalan que los principales clados existentes de Psylloidea se originaron de una especie de Sapindales (=Rutales) antes de la subdivisión.

White & Hodkinson (1985) realizaron una clasificación fenética y cladista para Psylloidea, con base en caracteres de ninfas y adultos, información de la planta hospedante y datos zoogeográficos y elaboraron un cladograma para inferir la posible historia evolutiva. El cladograma quedó integrado por seis familias que se derivaron de un ancestro común extinto. Años después, Burckhardt & Ouvrard (2012), también realizaron una clasificación, en la cual consideraron las seis familias propuestas por White & Hodkinson (1985) y agregaron las familias Liviidae y Psyllidae, por lo que la clasificación ahora está constituida por ocho familias (Figura

1), las cuales comprenden alrededor de 3500 especies descritas a nivel mundial (Ouvrard, 2014).

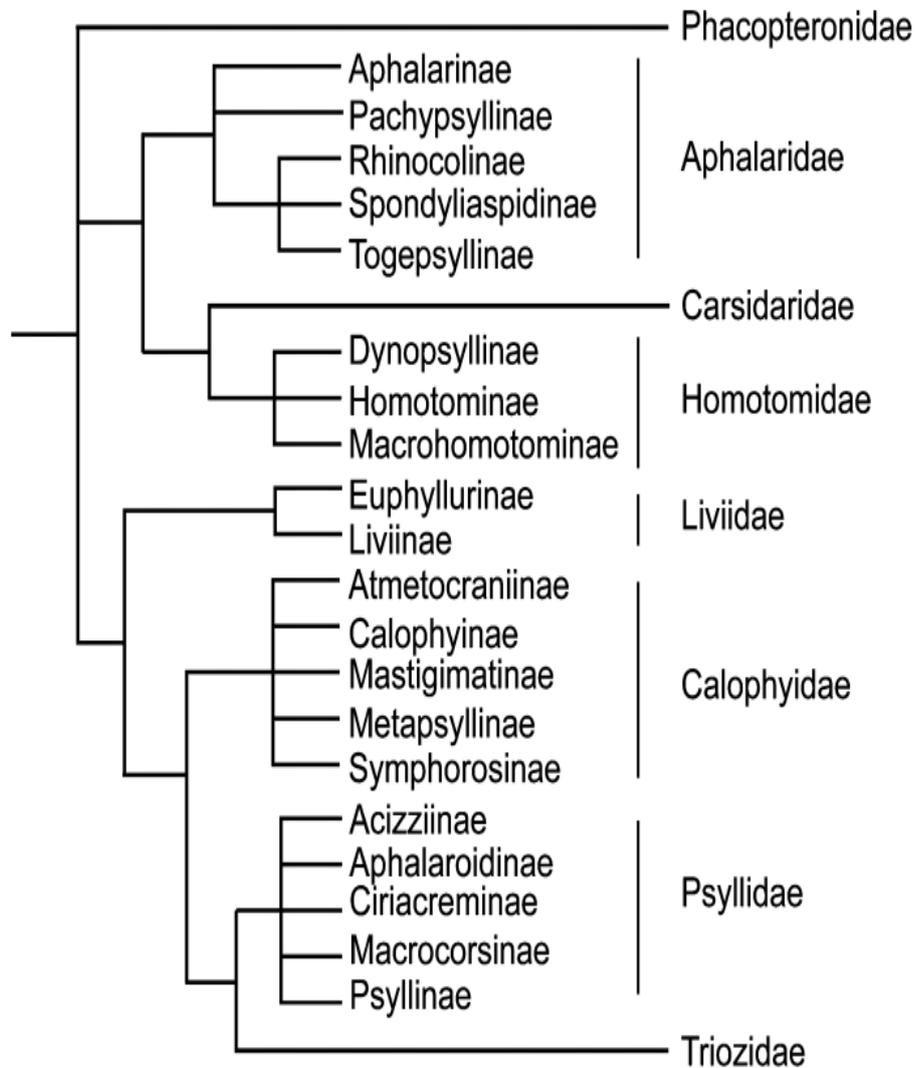


Figura 1. Representación esquemática de la clasificación de Burckhardt & Ouvrard (2012), que incluye familias y subfamilias de Psylloidea.

### 1.2.2. Familia Triozidae

La familia Triozidae Löw (1879) agrupa 69 géneros, un subgénero, 960 especies y tres subespecies. En México se reportan 53 especies de Triozidae, principalmente de los géneros *Bactericera*, *Calinda*, *Ceropsylla*, *Kuwayama*, *Leuronota*,

*Trichoermes*, *Triozoidea* y *Trioza* (Ouvrard, 2014), 42 especies de esta familia tienen como hospedero a miembros de la familia Laureacea (Hollis & Martin, 1997).

Los adultos de la familia Triozidae miden de 3 a 7 mm de longitud. Tienen dos pares de alas, las anteriores de consistencia más dura que las alas posteriores. La familia Triozidae se separa de otras familias de Psylloidea por la venación de las alas anteriores, en las cuales la vena costal no se fractura; la vena  $R_1$  sin ramificaciones y pterostigma ausente; la vena  $M + Cu$  está ausente o es muy corta por lo que la vena  $R + M + Cu$  se ramifica en tres venas principales que parten de un solo punto, cerca de la base del ala; la vena  $Rs$  no se fusiona con la vena  $M$  en ningún punto (Figura 2) (Hollis, 1984). El rostro sobrepasa la base de las coxas de las patas posteriores, tarso con dos segmentos de casi igual longitud y terminando con un par de uñas. Las antenas presentan 10 segmentos. Las patas posteriores son más gruesas y fuertes para saltar.

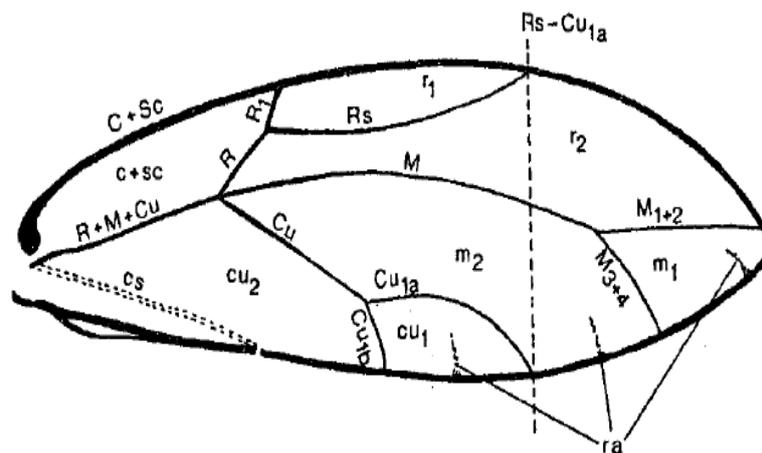


Figura 2. Estructuras del ala anterior del género *Trioza* donde se muestra la venación (EPPO, 2005).

### 1.2.3. Género *Trioza* Foerster (1848)

El género *Trioza* comprende un subgénero, 410 especies y 3 subespecies. En México se reportan 23 especies de este género (Ouvrard, 2014). Estos presentan la sutura media del vértex normalmente completa; los procesos genales, cuando están presentes, no están constreñidos basalmente; la sutura propleural es diagonal; episternón amplio, epimerón reducido desplazado ventralmente y sin contacto en los márgenes laterales del pronoto; alas anteriores generalmente alargadas reduciéndose el ápice subangular, ápice redondeado, dos a tres veces más larga que ancha; área radular (ar) presente en las celdas  $m_1$ ,  $m_2$  y  $cu_1$ ; la sutura claval alcanza el margen posterior del ala a una cierta distancia del vértice de  $Cu_{1b}$ ; órganos sensores ventral del fémur posterior en posición media; segmento basal del tarso de las patas traseras y sin espolones apicales; proctiger del macho unipartito (Hollis & Martin, 1997).

### 1.2.4. Clasificación taxonómica de *Trioza aguacate*

Phyllum: Artropoda

Clase: Insecta

Ordena: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Psylloidea

Familia: Triozidae

Género: *Trioza*

Especie: *aguacate*

### 1.2.5. Descripción de *Trioza aguacate*

Tanto machos como hembras de *T. aguacate* presentan en la región dorsal del abdomen bandas café oscuro y ventralmente tienen coloración ocre; flagelo antenal, clípeo y mesosternón de color café oscuro; procesos genales y patas color ocre; alas hialinas; cabeza con procesos genales dos terceras partes más largo que el vértex, cónicos con ápices redondeados y setas moderadamente densas; flagelo antenal 1.66-2.03 veces más largo que el ancho de la cabeza, con una rinaria subapical en los flagelómeros II, IV y VII; el flagelómero apical con un par de setas apicales desiguales. Tórax ligeramente arqueado. Alas anteriores 2.64-2.77 veces más largo que ancho y más ancho en el tercio apical, apicalmente subagudo, carente de espínulas (Hollis & Martin, 1997).

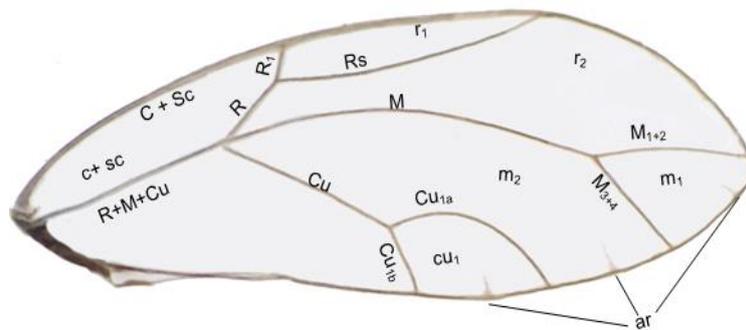


Figura 3. Estructuras del ala anterior de *Trioza aguacate* donde se muestra la venación, celdas y area radular (ar).

### 1.2.6. Familia Lauraceae hospedera del género *Trioza*

A nivel de especies, los psílidos tienen una gama de plantas hospederas muy estrecha, en particular durante las etapas ninfales (Burckhardt *et al.*, 2006). Esta

especialización hacia un taxón-hospedero determinado, también se encuentra en los géneros y hasta en familias (Burckhardt & Lauterer, 1989).

La familia Lauracea, a la cual pertenece el aguacate (*P. americana*) está asociada con 58 especies de Psylloidea (2 % de las especies conocidas) y el 72 % de estos insectos son de la familia Triozidae y dos terceras partes (64 %) de estos, causan algún tipo de deformación en sus plantas hospederas (Hollis & Martin, 1997).

Hasta 1959, solo se habían conocido dos especies del género *Trioza* dañando árboles de aguacate en Centro y Sudamérica (Hollis & Martin, 1997); una de ellas descrita para México como *Trioza anceps* por Tuthill (1943), la cual afecta las hojas de aguacate formando agallas. Años después, Tuthill (1959) describe a *Trioza perseae* para Perú, pero posteriormente Chávez *et al.* (1985) la reportan en Venezuela, formando agallas en el envés de la hoja de aguacate criollo, produciendo depresiones rodeadas por círculos amarillentos y se localiza regularmente a altitudes mayores de 900 m.

Hollis & Martin (1997) describieron al psílido, *Trioza godoyae* encontrado en Costa Rica provocando enrollamiento de hojas, y a *Trioza aguacate* en México causando deformación de hojas y brotes jóvenes.

### 1.3. Generalidades del parasitoide *Tamarixia aguacatensis*

#### 1.3.1. Familia Eulophidae

Eulophidae es una de las familias más diversas de avispas parasitoides, con alrededor de 4,500 especies distribuidas en cuatro subfamilias (Entedoninae, Entiinae, Eulophinae y Tetrastichinae) y 32 géneros (Noyes, 2013).

Los miembros de esta familia se caracterizan por tener cuatro segmentos tarsales en cada pata (excepto el género *Trisecodes* que tiene tarsos de tres segmentos en todas las patas) y presentan un espolón tibial corto y recto en las patas delanteras. Las especies de eulófidos miden de 0.4 a 0.6 mm y la mayoría se encuentra entre 1 y 2 mm (Schauff *et al.*, 2006). Estos insectos, suelen ser ectoparasitoides idiobiontes, normalmente parasitoides primarios, cuyos huéspedes son casi siempre larvas maduras o pupas de insectos holometábolos. También, las hembras adultas presentan el hábito de matar a su huésped al pinchar el tegumento y extraer la hemolinfa para alimentarse (Clausen, 1940).

#### 1.3.2. Género *Tamarixia* en México

En México, cinco especies de *Tamarixia* Mercet (Eulophidae: Tetrastichinae) se han registrado como parasitoides de psílidos: *Tamarixia leucaenae* Bouček de *Heteropsylla cubana* Crawford (Psyllidae: Ciriacreminae), *Tamarixia triozae* (Burks) de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Psyllidae: Triozinae) (Burks, 1943), *Tamarixia radiata* (Waterston) de *Diaphorina citri* Kuwayama (Liviidae: Euphyllurinae)

(Waterston 1922; Burckhard & Ouvrard, 2012), *Tamarixia schina* Zuparko de *Calophya schini* Tuthill (Psyllidae: Calophyidae) (McClay, 1990; Lomeli-Flores y Bueno-Partida, 2002; Alvarez-Zagoya y Cibrián-Tovar, 1999; Zuparko *et al.*, 2011), y *Tamarixia aguacatensis* Yefremova de *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Yefremova *et al.*, 2014).

La especie del género *Tamarixia* más estudiada en México es *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide de *B. cockerelli* (Sulc) y está asociada a los cultivos de solanáceas como el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.), Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la papa (*Solanum tuberosum* L.), la berenjena (*Solanum melongena* L.) y pimientos (*Capsicum annuum* L.) (Lomeli-Flores y Bueno-Partida, 2002).

El parasitoide *Tamarixia radiata* fue introducido a México para el programa de control biológico contra el pílido *Diaphorina citri*; este parasitoide tiene una amplia distribución en México y actualmente es común en la mayoría de las zonas citrícolas de México (González-Hernández *et al.*, 2009). Como parte de un Programa Federal (Campaña Fitosanitaria de Prioridad Nacional contra el Huanglongbing (HLB) en México, hay dos instalaciones designadas para la cría masiva de *T. radiata*, una en el estado de Colima y la otra en Yucatán. En el año 2013 se liberaron en traspatios y huertas abandonadas 2,748,819 parasitoides de *Tamarixia radiata*, en los Estados de la vertiente del Pacífico (Colima, Jalisco, Nayarit), y del sureste mexicano (Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Chiapas), con la finalidad de impactar las poblaciones de este psílido participación del gobierno federal (<http://www.senasica.gob.mx/?id=4512>).

Las especies *Tamarixia leucaenae* y *Tamarixia Schina* se establecieron como agentes de control biológico de los psílidos *Heteropsylla cubana* en África y Asia (Day, 1999; Rao *et al.*, 2000) y *Calophya Schini* en California, EUA (Zuparko *et al.*, 2011). *Tamarixia Schina* es común en México como parasitoide del psílido *Calophya Schini* en pimenteros (*Schinus molle* L.). Al parecer, este último parasitoide llegó a México desde California por su cuenta, y no se han realizado otros estudios sobre el mismo.

Recientemente, se describió para México a *Tamarixia aguacatensis* Yefremova (Hymenoptera: Eulophidae) como un parasitoide de ninfas de *T. aguacate*. Este parasitoide se encuentra distribuido en varios municipios del estado de Michoacán, donde está presente el psílido (Yefremova *et al.*, 2014).

### **1.3.3. Características de *Tamarixia aguacatensis***

Las hembras de *Tamarixia aguacatensis* tienen una longitud del cuerpo de 0.85 a 1.04 mm; la longitud del ala de 2.07 a 2.94 mm. , cuerpo de color negro brillante, ojos rosa; antena amarilla, escapo negro; pedicelo oscuro en dorso y base, de color café amarillento en la superficie ventral; segmentos flagelares y clava amarillentos; tégula amarilla; patas de color café oscuro, coxas café, trocánter café, trochantelli amarillo, ápices basales y distales de pro-y meso-fémur y tibias de color amarillo, y metafémur y tibia café; tarsos amarillos excepto el segmento apical café; metanoto amarillo; gaster café; alas hialinas, venación café (Yefremova *et al.*, 2014).

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN, MORFOLOGÍA Y BIOLOGÍA DE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE *Trioza aguacate* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

#### 2.1. RESUMEN

El psílido, *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae), es una plaga del aguacate que causa deformación de hojas y brotes jóvenes. Se estudió la biología, los hábitos y se describieron las características morfológicas y morfométricas de huevos, ninfas y adultos del psílido. Para determinar la biología y hábitos, se establecieron ensayos, donde se colocaron 10 parejas del psílido en brotes jóvenes de aguacate por 12 h, se retiraron los adultos y las plantas con huevos, se colocaron en una cámara de cría con condiciones controladas a  $21 \pm 1$  °C, humedad relativa de  $70 \pm 5$  % y fotoperiodo de 12:12 h L:O; para describir los estados de desarrollo se colectaron en campo brotes con huevos y ninfas de diferentes instares, los cuales se separaron; para realizar las mediciones, se hicieron montajes temporales y se tomaron imágenes con una cámara digital Pixera profesional integrada a un fotomicroscopio; para medir las imágenes, se usó el programa Image Tool 3.0. El ciclo de vida de huevo a adulto duró 23 a 27 días. Los huevos son pequeños, miden de 227.6-308.9  $\mu\text{m}$  de longitud y 114.1-132.9  $\mu\text{m}$  de ancho, ovoides, elongados, con un pedicelo de 22.15-28.5  $\mu\text{m}$  de longitud, color blanco translucido recién puestos, corion liso y brillante; la incubación duró 7 días. Se presentaron cinco instares ninfales que midieron de 0.275 -1.43 mm de longitud y de 0.12-0.87 mm de ancho, de forma oval, dorso-ventralmente aplanadas, de color amarillo, este estado duró 17.9 días en promedio (16-20 días); los adultos presentaron en la región dorsal del abdomen bandas café oscuro y ventralmente una coloración ocre; flagelo antenal, clípeo y mesosternum de color café oscuro, procesos genales y patas de color ocre, alas hialinas; las hembras miden de 1.1-1.8 mm de longitud y los machos de 1.6 a 2.2 mm.

**Palabras clave:** triozidos, psílicos, instar, plagas de aguacate, morfología.

## 2.2. ABSTRACT

### DESCRIPTION, MORPHOLOGY, AND BIOLOGY OF THE DEVELOPMENT STAGES OF *Trioza aguacate* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

The psyllid *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) is an avocado pest that causes malformation in leaves and young buds. This psyllid was studied for biology, habits, and morphologic and morphometric characteristics of eggs, nymphs, and adults. To determine biology and habits, essays were established, where 10 psyllid couples were placed on young avocado buds for 12 h; the adults were removed, and the plants bearing eggs were placed in a growth chamber under controlled conditions at  $21\pm 1$  °C, relative humidity of  $70\pm 5$  %, and 12:12 L:D photoperiod. To describe the development stages, buds were collected from the field bearing eggs and nymphs in different instars, which were separated. To carry out the measurements, temporal mountings were made and pictures were taken with a Pixera professional camera fixed to a photomicroscope. To measure the images, the Image Tool 3.0 software was used. The life cycle from egg to adult lasted 23 to 27 days. The eggs are small, measuring 227.6-308.9  $\mu\text{m}$  long by 114.1-132.9  $\mu\text{m}$  wide, ovoid, elongated, and with a 22.15-28.5  $\mu\text{m}$  long pedicel, translucent-white when recently laid and a smooth and bright corion; incubation took 7 days. Five nymph instars were shown, measuring 0.275 -1.43 mm long by 0.12-0.87 mm wide, oval, flattened dorso-ventral, yellowish in color; this stage lasted an average 17.9 days (16-20 days). The adults show dark brown lines in the dorsal abdomen region, and an ochre ventral color; they have antennal flagellum, dark brown clypeus, and mesosternum; genal processes and ochre colored legs, hyaline wings; females measure 1.1-1.8 mm long, and males 1.6-2.2 mm.

**Key words:** triozides, psyllids, instar, avocado pests, morphology.

### 2.3. INTRODUCCIÓN

El aguacate, es un fruto tropical originario de las partes altas del centro y este de México, y partes altas de Guatemala (Williams, 1977) y ha convivido por muchos años con una amplia variedad de insectos asociados con sus tallos, ramas, hojas, flores y frutos. En la actualidad, la deforestación para establecimiento de este como monocultivo, ha generado una alta incidencia de insectos y ácaros plaga (Wysoki *et al.*, 2003), dentro de los cuales se encuentran especies de la familia Triozidae.

La familia Triozidae es un grupo de insectos que pertenecen a la superfamilia Psylloidea, dentro del suborden Sternorrhyncha y el orden Hemiptera. La superfamilia Psylloidea incluye entre 3000 y 3500 especies descritas (Burckhardt *et al.*, 2005). Mifsud & Burckhardt (2002) estiman que el número real de especies es más del doble del número de especies descritas. La familia *Triozidae* incluye 70 géneros, 811 especies y 3 subespecies (Ouvrard, 2014). El género *Trioza* comprende un subgénero, 410 especies y 3 subespecies. En México, se reportan 23 especies de este género (Ouvrard, 2014).

A nivel de especies, los psílidos tienen una gama de plantas hospederas muy estrecha, en particular durante las etapas ninfales (Burckhardt *et al.*, 2006). Esta especialización hacia un taxón hospedero determinado, también se encuentra en los géneros y hasta en familias (Burckhardt & Lauterer, 1989).

La familia Lauraceae, a la cual pertenece el aguacate, *Persea americana*, está asociada con 58 especies de Psylloidea (2 % de las especies conocidas) y el 72 %

de estos insectos son de la familia Triozidae, y dos terceras partes (64 %) de ellos, causan algún tipo de deformación en sus plantas hospederas (Hollis & Martin, 1997).

Hasta 1959, solo se habían conocido dos especies del genero *Trioza* dañando árboles de aguacate en Centro y Sudamérica (Hollis & Martin, 1997). Tuthill (1943) describió a *Trioza anceps* para México, la cual afecta a las hojas de aguacate, formando agallas. Años después, Tuthill (1959) describió a *Trioza perseae* para Perú, y Chávez *et al.* (1985) la reportaron en Venezuela, formando agallas en el envés de la hoja de aguacate criollo, produciendo depresiones rodeadas por círculos amarillentos.

Hollis & Martin (1997), describieron dos nuevas especies causando daño a árboles de aguacate en Centroamérica: *Trioza godoyae* encontrada en Costa Rica causando enrollamiento de hojas, y *Trioza aguacate* en México provocando deformación de hojas y brotes jóvenes.

Esta última especie ha sido considerada como plaga secundaria, por lo que ha recibido poca atención; sin embargo, en últimas fechas se han ido incrementando la densidad de población, lo que empieza a obligar a los productores a efectuar aplicaciones para su control. En México se tiene escaso conocimiento de su descripción, biología y hábitos, por lo que se planteó el presente estudio.

## **2.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.4.1. Biología y hábitos de *Trioza aguacate***

#### **2.4.1.1. Ubicación del ensayo**

El estudio se realizó en una cámara de cría dentro del Laboratorio de Entomología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Las condiciones fueron controladas a temperatura de  $21\pm 1$  °C, humedad relativa de  $70\pm 5\%$  y el fotoperiodo de 12:12 h L:O; la temperatura y la humedad relativa se tomaron cada 30 min, usando un sensor y un datalogger AVALY, modelo THL1, No. 10019321.

#### **2.4.1.2. Obtención del psílido y plantas hospederas**

Se colectaron adultos machos y hembras de *T. aguacate* en huertos de aguacate de la variedad Hass y de árboles criollos, ubicados en el ejido El Tarascón, Municipio de Salvador Escalante en el estado de Michoacán, México, a una altitud de 1860 m, con coordenadas  $19^{\circ} 26' 29.81''$  N y  $101^{\circ} 49' 53.03''$  O. Lo anterior se realizó en campo, debido a la dificultad de generar una cría masiva en laboratorio que suministrara los ejemplares suficientes para establecer el ensayo. Los adultos se colectaron con ayuda de un aspirador bucal y se vaciaron a recipientes de plástico con capacidad de un litro, con la tapa perforada y cubierta de tela de organza para permitir la circulación del aire y con brotes tiernos de aguacate en su interior para que se alimentaran los insectos y facilitar así su traslado hasta el laboratorio.

También se colectaron brotes infestados con ninfas de quinto ínstar, las cuales se pasaron a brotes jóvenes con ayuda de un pincel fino para que continuaran su desarrollo hasta adulto, y después utilizarlos en el ensayo. Se emplearon plantas de aguacate de un año de edad de la variedad Hass en envase de polietileno y con una altura de 90 cm, adquiridas de un vivero comercial en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

#### **2.4.1.3. Biología de *T. aguacate***

En el laboratorio, a los brotes jóvenes de aguacate se les colocó una bolsa de tela de organza y se infestaron con 10 parejas del psílido durante 12 horas para que se efectuara la oviposición. Una vez ocurrida esta, las plantas se colocaron en la cámara de cría y los huevos se revisaron cada 24 horas hasta su eclosión. Ya emergidas las ninfas, se trasladaron de manera individual, con ayuda de un pincel de cerdas finas, a hojas jóvenes previamente marcadas y enumeradas. Para determinar la duración de cada ínstar ninfal se realizaron observaciones cada 24 horas, hasta la emergencia del adulto; se consideró la muda como cambio de ínstar.

#### **2.4.2. Características morfológicas y morfométricas de *T. aguacate***

##### **2.4.2.1. Obtención de especímenes**

En campo se colectaron brotes vegetativos con huevos y ninfas en diferentes estados de desarrollo de *T. aguacate*, los cuales se llevaron al laboratorio para separar los diferentes ínstares ninfales con ayuda de un alfiler entomológico y de un

pincel de cerdas finas. Para diferenciar el tercero, cuarto y quinto ínstar, se consideró el nivel de desarrollo de los paquetes alares. Para obtener el primer ínstar, los brotes con huevos se colocaron en un vaso pequeño con agua hasta la emergencia de las ninfas y se revisaron hasta la primera muda; el segundo ínstar se determinó con la segunda muda y así sucesivamente.

#### **2.4.2.2. Medición morfométrica**

Para este estudio se consideraron 25 huevos, 122 ninfas y 36 adultos de *T. aguacate*, de los que se midieron las variables: longitud de huevo, ancho de huevo y longitud del pedicelo; en las ninfas se consideró la longitud del cuerpo (LC), el ancho del cuerpo (AC), el ancho de cabeza (ACA), distancia entre antenas (DA) y longitud de antena (LA); en los adultos, se midió la longitud del cuerpo (LC), ancho de cabeza (ACA), longitud del flagelo antenal (LF), longitud del ala (LAL), ancho del ala (AAL), longitud de la tibia de la pata posterior (LTP) y longitud del proctiger (LP). Los huevos se montaron en un portaobjetos cóncavo con alcohol al 70% cubriéndolos con un cubreobjetos; las ninfas y los adultos se montaron temporalmente en un portaobjetos con gel comercial para pelo y glicerina, con la finalidad de que los ejemplares quedaran dispuestos en la posición deseada, para tomar las imágenes con un fotomicroscopio Carl Zeiss Tessovar, con una cámara digital Pixera profesional. A cada una de las imágenes se les asignó un número de muestra progresivo. Las imágenes se archivaron en un formato JPG. De la misma forma se capturó la imagen de la rejilla de un micrómetro graduado en centésimas de milímetro, para calibrar el analizador de imágenes.

Para medir las imágenes de cada uno de las variables anteriormente mencionadas, se usó el programa Image Tool 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002). Con la imagen de la rejilla micrométrica se calibró el programa y se utilizó la micra ( $\mu\text{m}$ ) como unidad de medida para huevos y ninfas en tanto que para adultos se utilizaron milímetros (mm). Los ejemplares se colocaron en posición lateral para determinar la longitud del cuerpo, posición ventral para medir la distancia entre antenas y su longitud, en posición dorsal el ancho del cuerpo y el ancho de cabeza.

## 2.5. RESULTADOS

### 2.5.1. Biología y hábitos de *T. aguacate*

Bajo las condiciones de estudio, el ciclo de vida de *T. aguacate* se completó en 24.7 días en promedio, con un rango de 23 a 27 días. El periodo de incubación fue de 7 días y el estado ninfal duró de 16 a 20 días, con un promedio de 17.9 días. La duración de cada ínstar se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. *Trioza aguacate*, duración en días de cada uno de los instares ninfales. (Media  $\pm$  SE).

Ínstar	N	Media (días)	Rango (días)
1 <sup>o</sup>	16	2.4 $\pm$ 0.125	2-3
2 <sup>o</sup>	21	2.7 $\pm$ 0.101	2-3
3 <sup>o</sup>	14	4.0 $\pm$ 0.00	4
4 <sup>o</sup>	21	4.1 $\pm$ 0.078	4-5
5 <sup>o</sup>	15	4.7 $\pm$ 0.106	4-5

n= número de ejemplares considerados.

El psílido *Trioza aguacate* Hollis & Martin es un insecto succionador, que presenta metamorfosis incompleta, su ciclo pasa por tres estados de desarrollo: huevo, cinco instares ninfales y el adulto.

Las hembras colocan los huevos en forma individual en los tejidos tiernos como peciolos, yemas axilares y hojas en desarrollo; son puestos tanto en el haz como en el envés. En las hojas jóvenes ya desarrolladas, los huevos son puestos en el envés, a lo largo de las nervaduras principales. Durante la eclosión el huevo se rompe por la parte apical que es por donde emerge la ninfa.

Las ninfas recién emergidas son móviles, se desplazan en el envés de la hoja y después de la primera muda (segundo instar) se dirigen hacia las nervaduras principales, sitios de alimentación, y permanecen alineadas a lo largo de estas, hasta el cuarto instar. Las ninfas de quinto instar tienden a desplazarse hacia la base de la hoja, peciolos y tallos, donde permanecen hasta emerger como adultos.

Las ninfas desde el primer instar excretan una sustancia en forma de pequeñas masas globulares cerosas y a medida que se alimentan de las hojas de los brotes tiernos, les provocan enrollamiento, y en consecuencia, deformación de brotes; además, las excreciones cerosas dan las condiciones idóneas para el desarrollo del hongo *Capnodium* sp. (Dothideales: Capnodiaceae) causante de la fumagina, la cual le da una apariencia negruzca a las hojas terminales donde habita el psílido, reduce las áreas fotosintéticas, ocasiona daños fisiológicos y afecta el desarrollo normal del brote (Menge & Ploetz, 2003).

Los adultos recién emergidos son de color blanco tendiendo a tonos verde, permanecen en el lugar de nacimiento por algunas horas y después se desplazan a los brotes jóvenes para su alimentación.

## **2.5.2. Características morfológicas y morfométricas de *Trioza aguacate***

### **2.5.2.1. Características del huevo**

Los huevos son pequeños, miden 227.6 a 308.9  $\mu\text{m}$  de longitud ( $\bar{x}=272.3 \mu\text{m}$ ;  $\text{SE}=3.7$ ;  $n=30$ ) y 114.1 a 132.9  $\mu\text{m}$  de ancho ( $\bar{x}=122.2 \mu\text{m}$ ;  $\text{SE}=0.9$ ;  $n=30$ ), son elongados, más anchos en su base y se estrechan en su extremo distal, terminando en punta, ésta con tonalidad oscura. Tienen un pedicelo de 22.15 a 28.5  $\mu\text{m}$  de longitud ( $\bar{x}=24.9 \mu\text{m}$ ;  $\text{SE}=2.3$ ;  $n=25$ ) en el extremo inferior, con el cual se fija al tejido vegetal. Son de color blanco translúcido cuando son recién puestos, coriÓN liso y brillante, y próximos a eclosionar presentan una tonalidad de color amarillo a café y se observan los ojos rojos de la ninfa cuando están a punto de eclosionar (Figura 4a).

### **2.5.2.2. Características de las ninfas**

**Primer ínstar.** Las ninfas de este ínstar miden 0.275 mm de longitud y 0.124 mm de ancho (Cuadro 2), antenas aparentemente de un segmento, del mismo color del cuerpo. Son de forma ovalada, aplanadas dorsoventralmente, la cabeza y el tórax aparentemente fusionados, ojos compuestos de color rojo, patas del mismo color del cuerpo, trocánter no definido, el fémur no alcanza el margen del cuerpo, paquetes alares no visibles, abdomen bien definido con segmentación poco

evidente, aparato bucal y estilete definidos, cuerpo de color blanco cremoso y todo el margen del cuerpo está franjeado con una serie continua de sectosetas no uniformes (Figura 4b), anillo circumanal evidente.

**Segundo ínstar.** Mide 0.39 a 0.46 mm de longitud y 0.17 a 0.22 mm de ancho, otras variables se muestran en el Cuadro 2. Tiene forma similar al primer ínstar, presenta divisiones entre cabeza, tórax y abdomen, antenas visibles con tres segmentos del mismo color del cuerpo, paquetes alares poco evidentes en el tórax, segmentos abdominales poco marcados, anillo circumanal evidente (Figura 4c).

**Tercer ínstar.** Mide 0.52 a 0.69 mm de longitud y 0.22 a 0.35 mm de ancho, otras variables se muestran en Cuadro 2. Cuerpo dorso-ventralmente aplanado, cabeza con antenas de tres segmentos, los dos primeros cortos y el tercero largo con una seda apical larga del mismo color del cuerpo; ojos rojos; paquetes alares visibles más desarrollados que en el ínstar anterior; segmentos abdominales marcados; la ninfa tiende a una coloración amarillo verdoso, poro y anillo circumanal presente (Figura 4d).

**Cuarto ínstar.** Con una longitud de 0.84 a 0.99 mm y 0.35 a 0.55 mm de ancho. Las ninfas son de forma ovalada, aplanadas en su parte dorsal y convexa por la parte ventral; cabeza, tórax y abdomen notablemente divididos; ojos marrones con las omatidias más notables (Figura 4e). Antenas aparentemente con seis segmentos, el último segmento largo terminando en punta con una seda apical y otra sub apical. En el Cuadro 2, se muestran algunas otras variables.

Cuadro 2. Medidas promedio de las variables morfológicas de ninfas de *T. aguacate* dadas en  $\mu\text{m}$  (Media  $\pm$  SE).

Instar	N	LC ( $\mu\text{m}$ )	AC ( $\mu\text{m}$ )	ACA ( $\mu\text{m}$ )	DA ( $\mu\text{m}$ )	LA ( $\mu\text{m}$ )
1 <sup>o</sup>	20	252.3 $\pm$ 9.23	124.5 $\pm$ 3.56	-	-	-
2 <sup>o</sup>	22	424.3 $\pm$ 6.76	197.9 $\pm$ 5.61	168.4 $\pm$ 3.44	0.113 $\pm$ 0.002	71.6 $\pm$ 2.2
3 <sup>o</sup>	25	626.6 $\pm$ 11.88	313.2 $\pm$ 7.89	241.9 $\pm$ 3.63	0.138 $\pm$ 0.005	129.3 $\pm$ 4.5
4 <sup>o</sup>	25	949.3 $\pm$ 8.48	497.7 $\pm$ 8.83	333.2 $\pm$ 2.49	0.170 $\pm$ 0.005	146.3 $\pm$ 3.7
5 <sup>o</sup>	30	1456.5 $\pm$ 23.75	879.2 $\pm$ 11.19	451.2 $\pm$ 4.14	0.202 $\pm$ 0.006	275.4 $\pm$ 7.1

LC=Longitud del cuerpo, AC=Ancho de cuerpo, ACA= Ancho de cabeza, DA=Distancia entre antenas, LA=Longitud de antena, n= número de observaciones

**Quinto ínstar.** Cuerpo ovalado, 1.5 a 1.61 veces más largo que ancho, mide 1.05-1.63 mm de longitud y 0.70-0.99 mm de ancho, aplanados dorsoventralmente; cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados (Figura 5b). Antena de color oscuro con siete segmentos y cuatro rinarias, una en los segmentos III y V, y dos en el segmento VII (Figura 5c). Paquete alar anterior 2.07 a 2.9 veces más largo que la antena. Arolium tarsal como en la Figura 5e. Plato caudal 0.50 a 0.59 veces más largo que ancho. Anillo circumanal como en la Figura 5g. Margen de la cabeza (Figura 5a), tórax, paquetes alares (Figura 5d) y el abdomen con numerosas sectosetas truncadas (Figura 5f) y con filamentos cerosos largos, sobre todo en el ápice del cuerpo. El número total de sectosetas en la cabeza es de 35 a 38, en cada paquete alar anterior tiene de 44-50, en el paquete alar posterior tiene de 5 a 6 y de 74 a 79 rodeando el abdomen. Los ojos son oscuros y el cuerpo de color amarillo verdoso.

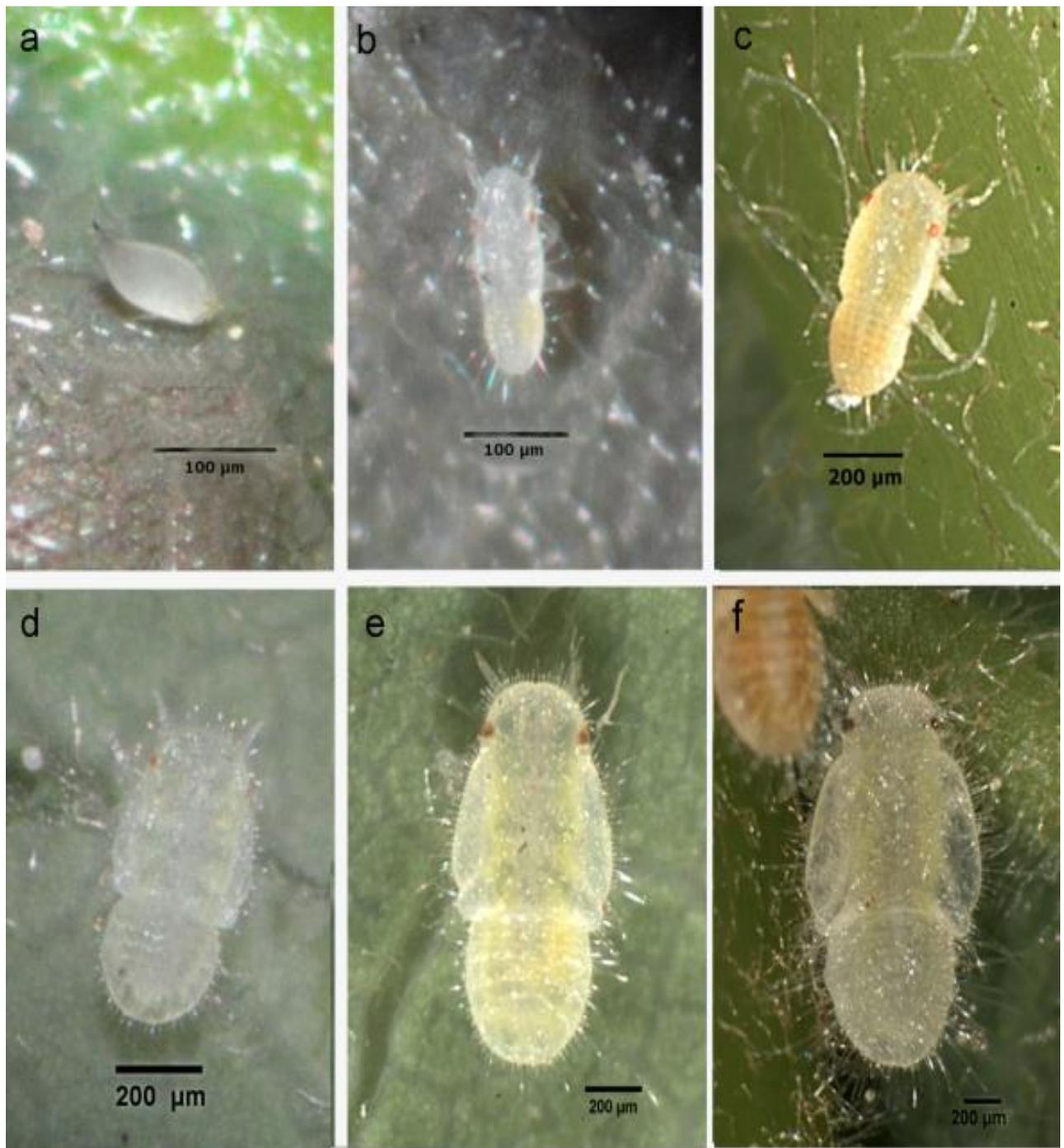


Figura 4. Estados inmaduros de *Trioza aguacate*: (a ) Huevo; (b) Primer ínstar; (c) segundo ínstar; (d) tercer ínstar; (e) cuarto ínstar; (f) quinto ínstar.

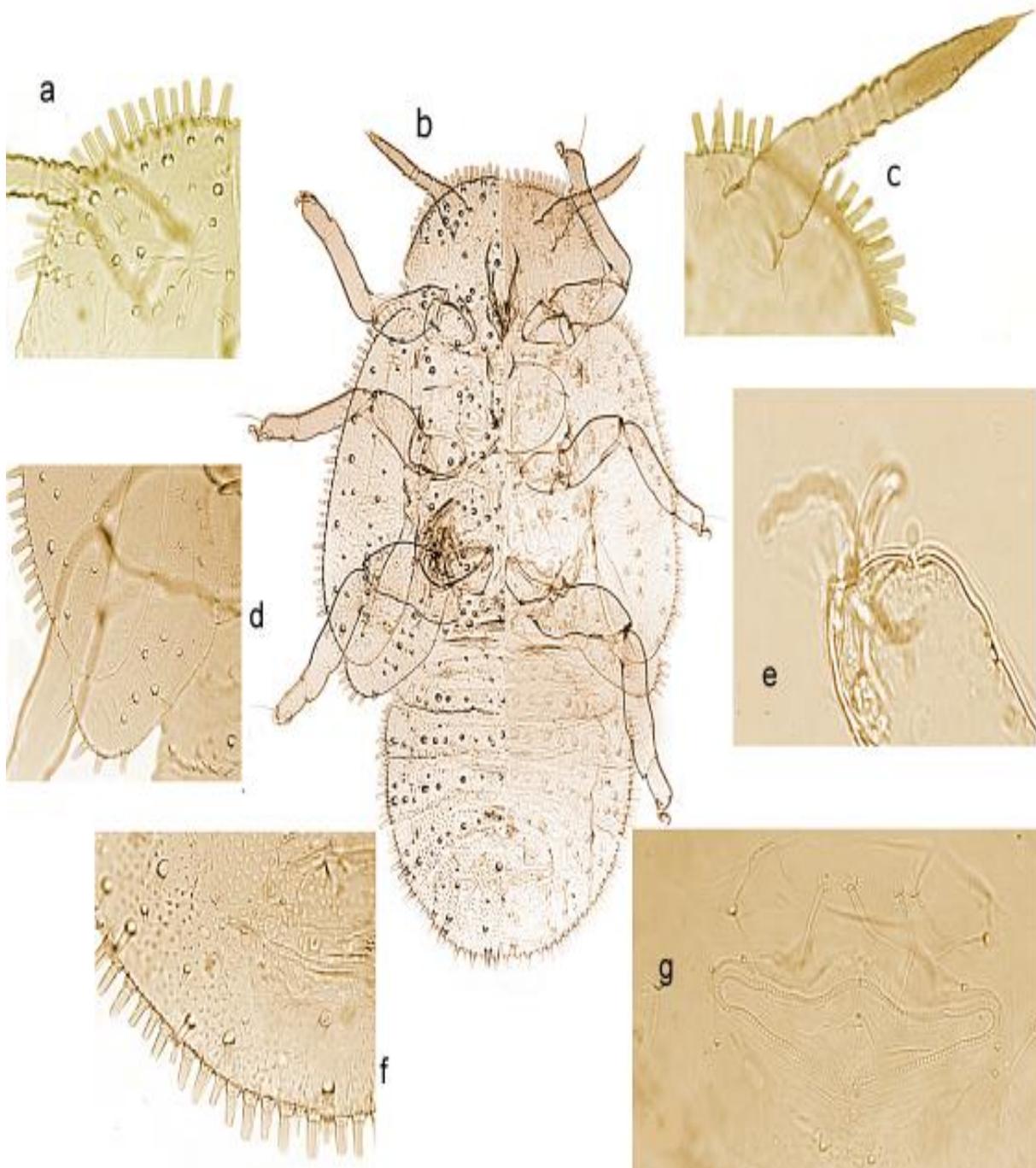


Figura 5. Características morfológicas del quinto ínstar de *Trioza aguacate*: (a) sectosetas en cabeza; (b) vista dorsal izquierda y ventral derecha; (c) antena con 7 segmentos; (d) sectosetas en paquetes alares; (e) arolium tarsal; (f) sectosetas en abdomen; (g) anillo del poro circumanal.

### 2.5.2.3. Características de los adultos

Los adultos de *T. aguacate* presentan en la región dorsal del abdomen bandas café oscuro tanto machos (Figura 6a) como hembras (Figura 6c), y ventralmente presentan coloración ocre; el flagelo antenal, clípeo y mesosternón son café oscuro; los procesos genales y las patas de color ocre; alas hialinas; recién eclosionados presentan una coloración blanco verdoso (Figura 6b).

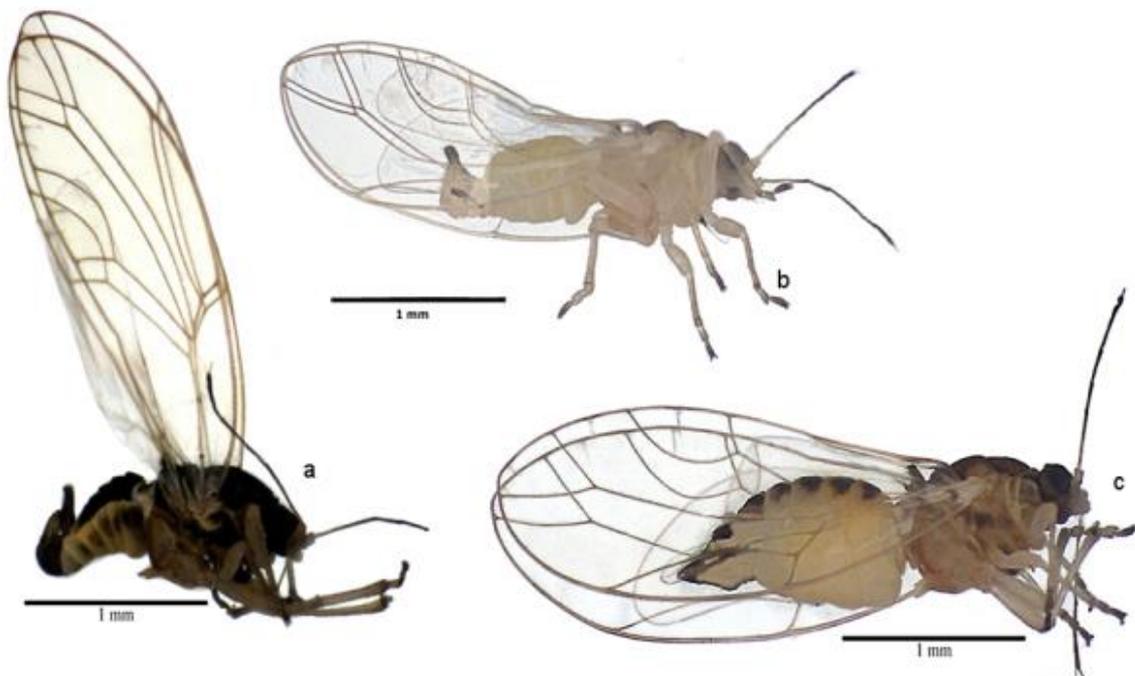


Figura 6. *Trioza aguacate*, vista lateral: (a) macho; (b) macho recién emergido; (c) hembra

Cabeza con procesos genales dos terceras partes más largo que el vértex, cónicos y con ápices redondeados; flagelo antenal 1.66-2.03 veces más largo que el ancho de la cabeza, con rinaria subapical en los flagelómeros II, IV y VII; el flagelómero apical con un par de setas apicales desiguales. Alas anteriores 2.64-2.77 veces más largas que anchas, más anchas en el tercio apical, y carecen de espínulas. Las medidas de diferentes variables de los adultos se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Medidas promedio de las variables morfológicas de machos y hembras de *T. aguacate* dadas en mm (Media  $\pm$  SE).

Variable	Machos			Hembras		
	n	Media $\pm$ SE (mm)	Rango	N	Media $\pm$ SE (mm)	Rango
LC	21	1.40 $\pm$ 0.041	1.122-1.7943	33	1.7802 $\pm$ 0.030	1.644-2.267
ACA	36	0.43 $\pm$ 0.004	0.396-0.476	36	0.438 $\pm$ 0.009	0.357-0.565
LF	36	0.79 $\pm$ 0.014	0.566-0.915	24	0.610 $\pm$ 0.068	0.045-0.842
LAL	27	2.31 $\pm$ 0.026	2.037-2.479	24	2.592 $\pm$ 0.040	2.255-2.927
AAL	27	0.83 $\pm$ 0.013	0.670-0.919	24	0.994 $\pm$ 0.015	0.868-1.094
LTP	24	0.54 $\pm$ 0.014	0.435-0.627	30	0.555 $\pm$ 0.007	0.480-0.605
LP	24	0.02 $\pm$ 0.002	0.212-0.239	30	0.401 $\pm$ 0.039	0.342-0.467

LC= longitud del cuerpo, ACA= ancho de cabeza, LF=longitud de flagelo antenal, LAL= longitud del ala, AAL= ancho del ala, LTP= longitud de la tibia posterior, LP= longitud proctiger, n= número de especímenes medidos.

## 2.6. DISCUSIÓN

El psílido *Trioza aguacate* causa deformación de los brotes tiernos y defoliación de árboles de aguacate criollo y de la variedad Hass. Las hembras colocan los huevos de forma vertical en el envés de las hojas, puntos de crecimiento y yemas axilares; la oviposición está condicionada a la presencia de brotes tiernos. Observaciones similares fueron señaladas por Huang *et al.* (1999), Tsai & Liu (2000) y Fonseca *et al.* (2007) en *Diaphorina citri*, la cual también coloca sus huevecillos en los tejidos terminales, incluyendo hojas plegadas, pecíolos, yemas axilares, superficie de hojas tiernas y tallos tiernos; de la misma manera Van Den Berg (1990) reporta un comportamiento similar para *Trioza erytrae* en brotes tiernos de cítricos, y

Valenciaga *et al.* (2004) en *Heteropsylla cubana* sobre hojas y brotes tiernos de *Leucaena leucocephala*.

El periodo de incubación de los huevos de *T. aguacate* duró 7 días a  $21 \pm 1$  °C, menos tiempo que *T. erytrae* el cual fue de 8 días a 21 °C en cítricos (Catling, 1973) y el de *Trioza apicalis* que fue de 10.6 días a 21 °C en *Dacus carota* (Rygg, 1977). El periodo ninfal de *T. aguacate* se completó en 17.9 días en promedio a  $21 \pm 1$  °C, más corto que el *T. apicalis* que duraron 42.6 días a 21°C (Rygg, 1977) y 40 días en campo con temperatura de 17.3 °C (Laska, 1974). El ciclo de vida de *T. aguacate* se completó en 24.7 días en promedio a  $21 \pm 1$  °C, menor al de *T. apicalis* que se desarrolló en 53 días en promedio a 21 °C (Rygg, 1977).

Los huevos de *T. aguacate* tienen tamaño similar a los de *T. erytraea* y a los de *B. cockerelli*, pero más pequeños que los huevos de *D. citri*, *Trioza apicalis* y que los de *H. cubana* (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación del tamaño de huevo de diferentes psílidos con *T. aguacate*.

Psílidos	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Citas
<i>T. aguacate</i>	0.273	0.22	
<i>B. cockerelli</i>	0.3	0.1	Pletsch, 1947
<i>H. cubana</i>	0.6	0.3	Valenciaga <i>et al.</i> 2004
<i>T. erytrae</i>	0.28		Van Den Berg, 1990
<i>T. apicalis</i>	0.33-0.35		Ozols, 1925
<i>D. citri</i>	0.29-0.31		Tsai <i>et al.</i> , 2000; Fonseca <i>et al.</i> , 2007

Las ninfas de *T. aguacate* varían en longitud del cuerpo de 0.278 a 1.45 mm y de 0.124 a 0.88 de mm de ancho, cuerpo de forma oval con cinco instares ninfales con apariencia similar, pero aumentan en tamaño después de cada muda; a excepción del primer instar, el resto de los instares desarrollan paquetes alares que también van incrementando de tamaño. Estas características son similares a las que reporta Chhetry *et al.* (2012) en ninfas de *D. citri* solo que la longitud del cuerpo varía de 0.26 a 2.96 mm, alcanzando en el quinto instar un tamaño más grande; de la misma manera Bodlah *et al.* (2012) reportan que *Trioza fletcheri* mide de 0.22 a 1.6 mm de longitud y el desarrollo de los paquetes alares es evidente a partir del segundo instar.

## 2.7. CONCLUSIONES

Las hembras de *T. aguacate* colocan los huevos de forma vertical en el envés de las hojas, puntos de crecimiento y yemas axilares; la oviposición está condicionada a la presencia de brotes tiernos.

El periodo de incubación de los huevos es de 7 días y el periodo ninfal fue de 17.9 días, con un rango de 23-27 días.

El ciclo de vida se completó en 24.5 días en promedio, con un rango de 23 a 27 días a una temperatura de  $21 \pm 1$  °C.

Las ninfas de *T. aguacate* provocan enrollamiento y deformación de brotes tiernos.

## CAPITULO III

### FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Trioza aguacate* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) EN MICHOACÁN, MÉXICO

#### 3.1. RESUMEN

El psílido *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) causa deformación de hojas y brotes jóvenes de aguacate y en los últimos años ha incrementado su densidad de población en las huertas. El objetivo del estudio fue determinar la fluctuación poblacional de huevos, ninfas y adultos de *T. aguacate* y la relación que guarda su incidencia con la abundancia de brotes, la temperatura y la precipitación pluvial en diferentes altitudes en Michoacán, México, además de conocer su distribución espacial en los brotes. El trabajo se realizó con muestreos cada 20 días, de enero de 2012 a julio de 2013. Para estimar la densidad de población se seleccionaron nueve árboles en cada huerta, distribuidos en forma de cruz. De cada árbol se colectaron cuatro brotes al azar, donde se contabilizó el número de huevos y ninfas. Los adultos se contabilizaron en trampas amarillas colocadas en cada árbol en los cuatro puntos cardinales a una altura de 1.6 m. Durante el mismo periodo, se registró el número de brotes vegetativos, temperatura y precipitación pluvial. Los resultados mostraron que el psílido no se presentó en el huerto con menor altitud (1293 m), y que en los dos huertos donde estuvo presente, lo hizo en dos periodos (enero a junio de 2012 y enero a junio de 2013); la mayor incidencia de todos los estados de desarrollo se presentó de marzo a mayo, coincidiendo con la abundancia de brotes vegetativos, en ambos periodos. La abundancia de huevos y ninfas presentó correlación positiva alta con la brotación de primavera, correlación negativa de alta a moderada con la precipitación y correlación no significativa con la temperatura. La incidencia de adultos presentó correlación alta con respecto a la brotación de primavera y no significativa con la temperatura. Tanto las ninfas como los adultos mostraron una distribución espacial en agregados.

**Palabras clave:** Triozidae, psílido, índices de agregación, plagas de aguacate.

## POPULATION FLUCTUATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF *TRIOZA AGUACATE* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) IN MICHOACAN, MEXICO

### 3.2. ABSTRACT

The psyllid *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) causes deformation of leaves and young shoots of avocado and in the last few years, this pest has increased its population densities in orchards. Objectives of this work were determine the population fluctuation of eggs, nymphs, and adults of *T. aguacate* and its relationship with the incidence of vegetative shoot abundance, temperature, and rainfall in different altitudes in Michoacan, Mexico, as well as learning about its spatial distribution within shoots. The work was carried out through samplings every 20 days, from January 2012 to July 2013. To estimate the population density, nine trees were selected in each orchard, distributed in a cross design. From each of these trees, four shoots were randomly collected, and eggs and nymphs were counted on them. Adults were counted from yellow traps established in each tree at a height of 1.60 m on the four cardinal points. During the same period, vegetative sprouting, temperature, and rainfall were registered. The results showed that this psyllid was not present in the orchard located at an altitude of 1293 m. In the other two orchards it was present during two periods, January to June 2012 and January to June 2013. The highest incidence of all development stages was from March to May, which coincided with the abundance of vegetative shoots in both periods. The abundance of eggs and nymphs showed a high positive correlation with spring budding, high to moderate negative correlation with rainfall, and non-significant correlation with temperature. The incidence of adults showed a high correlation with spring budding and non-significant correlation with temperature. Both nymphs and adults showed an aggregated spatial distribution.

**Key words:** Triozidae, psyllids, aggregated indices, avocado pests.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

La fluctuación poblacional de insectos es afectada por factores bióticos y abióticos, de tal manera que conocer la respuesta de estos individuos a dichos factores ofrece una visión amplia del funcionamiento de una comunidad constituida por varias especies, que ocurren juntas en el espacio y en el tiempo (Begon *et al.*, 1996). La disponibilidad de alimento se considera uno de los factores bióticos más importantes en la fluctuación de los insectos (House, 1977) y entre los factores abióticos, los componentes del clima determinan los límites de la distribución y abundancia de los mismos (Andrewartha, 1970). El tamaño de una población y sus variaciones a lo largo del tiempo pueden ser representados por curvas, indicando la densidad de las especies en función del tiempo. Estas variables son importantes, pues hacen posible la determinación de las épocas de aumento o disminución poblacional, indispensables para su control (Rabinovich, 1978).

En México, en 1997, se identificó y registró el psílido *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae), el cual causa deformación de hojas y brotes jóvenes (Hollis & Martin, 1997). En los últimos años esta plaga ha ido incrementando las densidades de población y no existe información sobre su comportamiento en campo, por lo que se plantearon los siguientes objetivos: a) determinar la fluctuación poblacional de *T. aguacate* y la relación que guarda su incidencia con la abundancia de brotes vegetativos, la temperatura y la precipitación pluvial, en tres zonas de producción a diferentes altitudes en el estado de Michoacán, y b) estudiar la distribución espacial del insecto en los brotes de aguacate.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1. Ubicación del área de estudio**

El estudio se realizó de enero de 2012 a julio de 2013 en tres huertos ubicados en diferentes altitudes en el estado de Michoacán. El primer huerto (San Lorenzo), se ubica en el nivel altitudinal alto (2130 m), en la comunidad de San Lorenzo, municipio de Uruapan, con las coordenadas 19° 31' 25.45" latitud norte y 102° 05' 12.58" de longitud oeste. El segundo huerto (Los Gemelos) se ubica en el nivel altitudinal medio (1860 m), localizado en el ejido El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, con las coordenadas 19° 26' 29.81" latitud norte y 101° 49' 53.03" longitud oeste. El tercer huerto (La Fontana), ubicado en el nivel altitudinal bajo (1293 m), localizado en el municipio de Ziracuaretiro, con las coordenadas 19° 23' 59.41" latitud norte y 101° 55' 28.20" longitud oeste. Los huertos muestreados estaban establecidos con la variedad de aguacate Hass, con 10 años de edad, plantados a tresbolillo y con distancia entre árboles de 10 m. El abastecimiento de humedad en la huerta La Fontana se hacía con riego por microaspersión, en Los Gemelos con riegos de auxilio y en San Lorenzo es de temporal.

#### **3.4.2. Abundancia y fluctuación poblacional de *T. aguacate***

Para determinar la abundancia y fluctuación poblacional de huevos y ninfas, en cada huerta se realizaron muestreos cada 20 días, de enero de 2012 a julio de 2013; se seleccionaron nueve árboles distribuidos en forma de cruz, de los cuales se colectaron al azar cuatro brotes de no más de 8 cm de longitud de la parte media de

la copa (a una altura aproximada de 1.60 m), uno en cada punto cardinal. Los brotes se colocaron individualmente en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, donde se contó el número de huevos y ninfas de la porción terminal del brote, auxiliándose de un microscopio estereoscópico Leica Zoom 2000.

Para la evaluación de los adultos, se consideraron los mismos árboles y el mismo periodo de muestreo que en las ninfas. En cada árbol se colocaron cuatro trampas amarillas (7x14 cm), a las cuales se les aplicó una capa fina de pegamento a base de resina, ubicadas en cada punto cardinal a una altura de 1.60 m. El remplazo de las trampas se realizó cada 20 días. En cada una de las trampas se contó el número de adultos, separando machos y hembras.

Durante el mismo periodo se determinó la abundancia de brotes vegetativos, para esto se tomaron treinta y seis brotes al azar en cada uno de los huertos muestreados, al final de cada muestreo se contó el número de brotes jóvenes. Para determinar la temperatura promedio y la precipitación pluvial acumulada cada 20 días durante el experimento, se consideraron los datos obtenidos de las estaciones agrometeorológicas de la Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de Michoacán, A.C (APEAM) más cercanas a cada una de las huertas muestreadas.

Para relacionar los datos entre la abundancia del psílido con la precipitación, la temperatura y la brotación vegetativa fue necesario realizar el análisis de correlación de Spearman, debido a la falta de normalidad de los datos. Para calcular las

correlaciones se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System, versión 9.0 SAS Institute Inc., Cary, North Carolina).

### 3.4.3. Distribución espacial

Para conocer la distribución espacial de ninfas y adultos se analizaron los conteos para los periodos de muestreo 2012 y 2013 mediante el cálculo del índice de agregación de Morisita y el de Lloyd. El índice de Morisita, es expresado por:

$$I_d = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i)}{(\sum_{i=1}^n x_i)^2 - \sum_{i=1}^n x_i}$$

donde  $n$  es el número total de unidades de muestreo,  $x_i$  el

número de individuos de la unidad de muestreo  $i$ -ésima,  $\sum_{i=1}^n x_i$  es el número total de individuos. Cuando  $I_d = 1$  la distribución es aleatoria,  $I_d > 1$  la distribución es en agregados y  $I_d < 1$  la distribución es regular o uniforme (Cadahia 1977). La media de agregación de Lloyd (Lloyd 1967), se calculó a través de la ecuación:  $m^* = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X}}$ , donde  $m^*$  es la media de agregación de Lloyd,  $\bar{X}$  es la media y  $S^2$  la varianza muestral. Si  $m^* = \bar{X}$  la disposición es al azar, si  $m^* > \bar{X}$ , es agregada y si  $m^* < \bar{X}$ , será regular o uniforme. Al tener en cuenta que  $m^*$  depende de la densidad de la población, de tal manera que un individuo en una región densamente poblada, recibe mayor presión para modificar su patrón que en una población dispersa, también se calculó el índice de Lloyd,  $L = \frac{m^*}{\bar{X}}$ , el cual depende de la relación entre la media de agregación de Lloyd y la media muestral. Su interpretación es similar a la anterior, así  $L > 1$  significa que  $m^* > \bar{X}$ , y por tanto expresa un patrón agregado.

## 3.5. RESULTADOS

### 3.5.1. Abundancia de *T. aguacate*

De todas las muestras de brotes recolectadas en el nivel altitudinal alto (San Lorenzo), se obtuvo un total de 2,228 huevos y 2,078 ninfas; mientras que en todas las trampas amarillas se colectaron 379 adultos, durante los 497 días del estudio. En el nivel altitudinal medio (Los Gemelos), se colectaron en todos los brotes un total de 1,547 huevos y 2,163 ninfas, y en todas las trampas amarillas 742 adultos. En el nivel altitudinal bajo (La Fontana), en ninguno de los muestreos se detectó la presencia de huevos o ninfas en brotes, ni adultos en las trampas amarillas (Cuadro 5).

En el nivel altitudinal alto, en el mes de abril de 2012 se presentó la densidad máxima de *T. aguacate* con una media de 8.7 ninfas por brote y 10.5 adultos por trampa; en tanto que en el periodo 2013, la densidad máxima tuvo una media de 62.7 ninfas por brote en el mes de mayo y 4.3 adultos por trampa en el mes de marzo.

En el nivel altitudinal medio, la densidad máxima promedio encontrada fue de 43.2 ninfas por brote en el mes de abril y 24.7 adultos por trampa en el mes de mayo durante el periodo 2012. En el periodo 2013, la densidad máxima promedio fue de 16.7 ninfas por brote en el mes de abril y de 2.2 adultos por trampa en el mes de enero.

Cuadro 5. Número de huevos, ninfas y adultos de *Trioza aguacate* colectados en brotes y trampas y la relación macho:hembra, en huertos ubicados a diferente altitud, en Michoacán, México.

Estado de desarrollo	Periodo 2012			Periodo 2013		
	Nivel altitudinal			Nivel altitudinal		
	Bajo 1293 m	Medio 1860 m	Alto 2130 m	Bajo 1293 m	Medio 1860 m	Alto 2130 m
Huevo	0	1359	1438	0	187	790
Ninfa	0	1804	578	0	550	1500
Adulto						
Machos	0	435	130	0	48	125
Hembras	0	215	85	0	31	96
Total	0	650	215	0	79	221
Relación M:H	0	2:1	1.6:1	0	1.5:1	1.3:1

Con respecto a la relación macho:hembra se encontró que los machos fueron más abundantes. En el nivel altitudinal alto, la relación macho:hembra fue ligeramente menor en el periodo 2013 con respecto al 2012 y en el nivel medio, la relación fue mayor en 2012 (Cuadro 5).

### 3.5.2. Fluctuación poblacional de *T. aguacate*

Durante el lapso de estudio (enero de 2012 a julio de 2013), en las huertas ubicadas en el nivel altitudinal medio (Los Gemelos) y el nivel altitudinal alto (San Lorenzo), las curvas de fluctuación poblacional mostraron dos periodos bien definidos con la presencia del psílido, el primero de enero a junio de 2012 y el segundo de diciembre 2012 a junio de 2013 (Figuras 8a y 9a).

En el nivel altitudinal bajo (La Fontana), no se detectó la presencia del psílido en brotes, ni en trampas amarillas, en ninguno de los periodos, a pesar de la presencia de brotes vegetativos (Figura 7a).

En el nivel altitudinal medio, los primeros adultos del psílido se presentaron a inicios del mes de diciembre de 2012, observándose un ligero pico en la densidad de huevos y ninfas a mediados de febrero; los picos de máxima población fueron alcanzados en abril, declinando en junio, con ausencia total de julio a noviembre; este comportamiento fue similar en ambos periodos, aunque en el periodo 2013 la densidad de población fue menor (Figura 8a).

En el nivel altitudinal alto, en el periodo 2012, el psílido se observó desde enero; los huevos mostraron tres picos de máxima población en los meses de febrero, abril y mayo; las ninfas y adultos alcanzaron la máxima población en el mes de abril. Las poblaciones declinaron en el mes de junio y hubo ausencia total de julio a diciembre. En el periodo 2013, los primeros adultos se detectaron a principios de enero de 2013, manifestando un pico de máxima población a mediados de febrero, habiendo correspondencia con los picos de huevos y ninfas que se presentaron posteriormente en el mes de marzo y abril, respectivamente (Figura 9a).

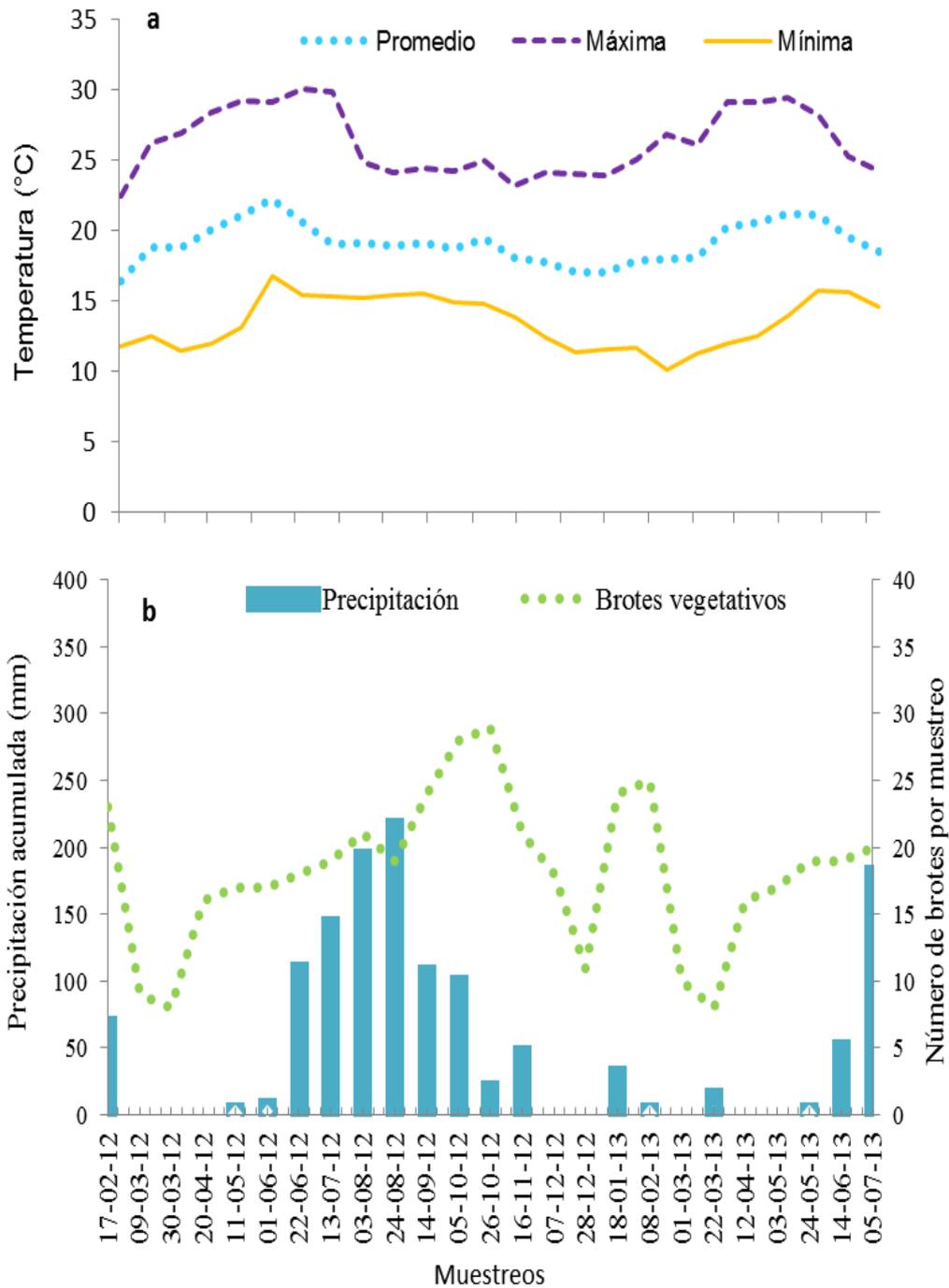


Figura 7. Datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en el huerto La Fontana ubicada en el nivel altitudinal bajo (1293 m); a) Temperaturas promedio, máximas y mínimas; b) Precipitación acumulada y fluctuación de brotes vegetativos.

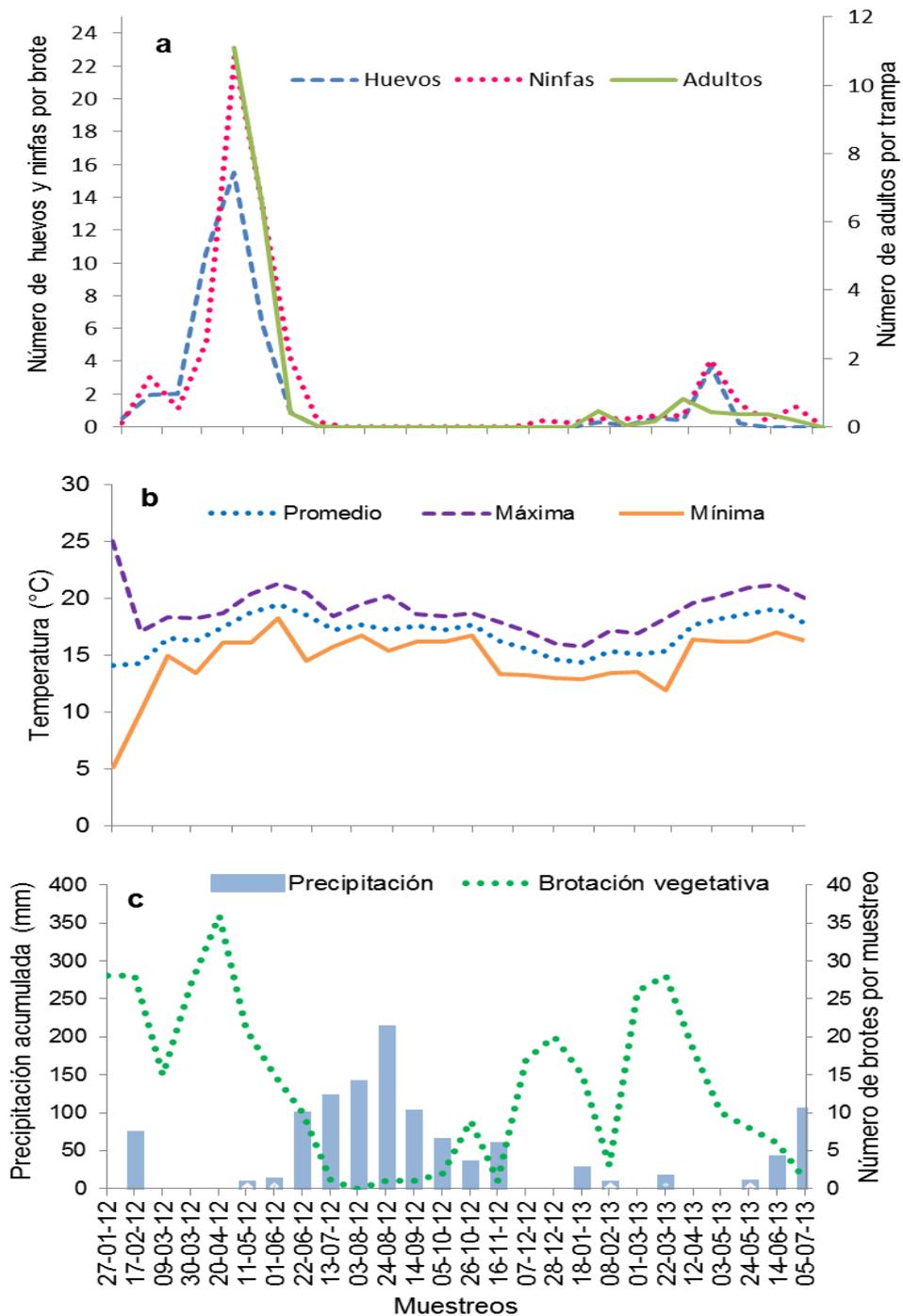


Figura 8. Fluctuación poblacional de *T. aguacate*, datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en el huerto Los Gemelos ubicada en el nivel altitudinal medio (1860 m); a) Fluctuación de huevos, ninfas y adultos; b) Temperaturas promedio, máximas y mínimas; c) Precipitación acumulada y fluctuación de brotes vegetativos.

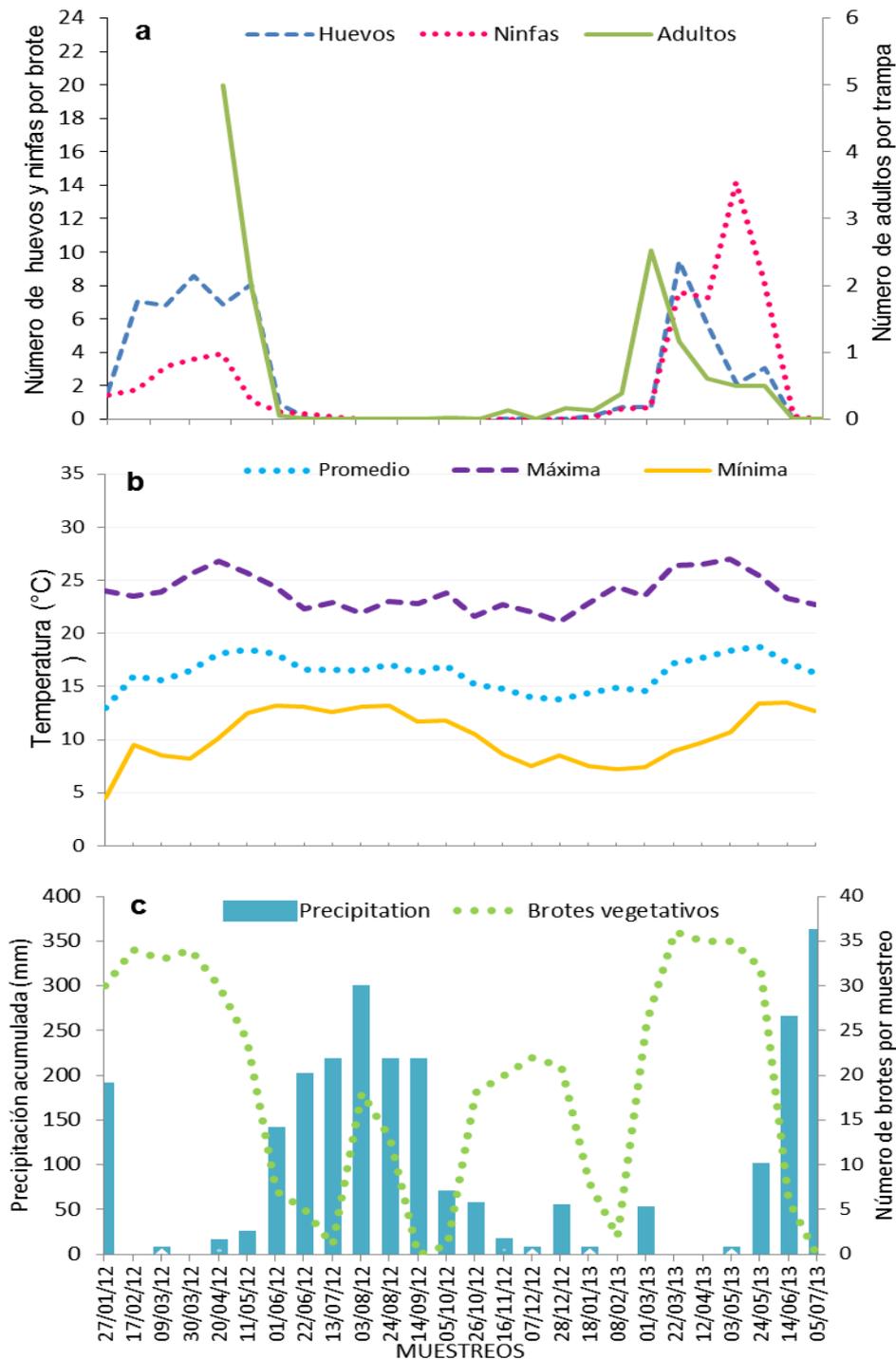


Figura 9. Fluctuación poblacional de *T. aguacate*, datos meteorológicos y brotes vegetativos de aguacate 2012-2013 en el huerto San Lorenzo ubicada en el nivel altitudinal alto (2130 m); a) Fluctuación de huevos, ninfas y adultos; b) Temperaturas promedio, máximas y mínimas; c) Precipitación acumulada y fluctuación de brotes vegetativos.

Con la finalidad de conocer si existe relación entre la densidad de huevos y ninfas con respecto a la brotación, se realizó el análisis de correlación de Spearman, en donde se obtuvo como resultado una correlación muy alta entre la densidad de huevos y ninfas con los brotes del flujo vegetativo de primavera, en los dos niveles altitudinales donde se presentó el psílido (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coeficiente de correlación de Spearman entre precipitación, temperatura y número de brotes vegetativos, con la densidad de huevos, ninfas y adultos de *T. aguacate* en diferentes altitudes en Michoacán, México.

Variable	Estado de desarrollo	Periodo 2012		Periodo 2013	
		Nivel altitudinal		Nivel altitudinal	
		Medio 1860 m	Alto 2130 m	Medio 1860 m	Alto 2130 m
Brotación	Huevo	0.614*	0.788*	0.806*	0.759*
	Ninfa	0.672*	0.766*	0.861*	0.879*
Precipitación	Huevo	-0.564*	-0.670*	-0.618*	-0.656*
	Ninfa	-0.618*	-0.733*	-0.723*	-0.504*
	Adulto	-0.723*	-0.576*	-0.589*	-0.567*
Temperatura	Huevo	-0.199 <sup>NS</sup>	0.170 <sup>NS</sup>	-0.169 <sup>NS</sup>	0.588 <sup>NS</sup>
	Ninfa	0.217 <sup>NS</sup>	-0.109 <sup>NS</sup>	0.319 <sup>NS</sup>	0.453 <sup>NS</sup>
	Adulto	0.565 <sup>NS</sup>	0.654 <sup>NS</sup>	0.476 <sup>NS</sup>	0.207 <sup>NS</sup>

\* Correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ); <sup>NS</sup> = no significativa ( $P < 0.05$ )

Al correlacionar la fluctuación poblacional de cada una de las etapas de desarrollo del psílido con la precipitación, se encontró una correlación negativa de moderada a alta en huevos, ninfas y adultos (Cuadro 6). Con respecto a la correlación entre la temperatura y la densidad de huevos, ninfas y adultos, ésta fue no significativa en todos los estados de desarrollo en ambos niveles altitudinales (Cuadro 6).

### 3.5.3. Distribución espacial

En el nivel altitudinal medio los índices de agregación de Morisita y Lloyd indicaron que las poblaciones de ninfas de *T. aguacate* presentaron una distribución espacial en agregados en los brotes, durante los dos periodos de muestreo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índices de agregación calculados con el número promedio de ninfas y adultos de *T. aguacate* por muestreo para el nivel altitudinal medio. en Salvador Escalante, Michoacán, México.

	Ninfas			Adultos		
	Morisita	Lloyd	Distribución espacial	Morisita	Lloyd	Distribución Espacial
<b>Periodo 2012</b>						
27/01/12	1.25	1.25	Agregados	-	-	-
17/02/12	1.85	1.95	Agregados	-	-	-
09/03/12	2.71	2.88	Agregados	-	-	-
30/03/12	1.3	1.33	Agregados	-	-	-
20/04/12	1.25	1.29	Agregados	1.16	1.18	Agregados
11/05/12	1.66	1.74	Agregados	2.15	2.29	Agregados
01/06/12	1.55	1.62	Agregados	1.63	1.66	Agregados
22/06/12	4.64	4.75	Agregados	0	0.44	Regular
13/07/12	SP	SP	-	SP	-	-
<b>Periodo 2013</b>						
07/12/12	2.54	2.6	Agregados	SP	SP	-
28/12/12	3	2.5	Agregados	SP	SP	-
18/01/13	2.89	3.02	Agregados	3.04	3.16	Agregados
08/02/13	1.85	1.9	Agregados	0	0.44	Regular
01/03/13	1.53	1.57	Agregados	1.2	1.19	Agregados
22/03/13	3.9	4.13	Agregados	1.09	1.09	Agregados
12/04/13	2.27	2.42	Agregados	1.47	1.5	Agregados
03/05/13	1.95	2.05	Agregados	1.18	1.19	Agregados
24/05/13	1.73	1.76	Agregados	3.58	3.68	Agregados
14/06/13	2.56	2.71	Agregados	SP	SP	-

SP= sin presencia del psílido; - no se muestreó.

En el caso de los adultos, en la mayoría de los muestreos en trampas también se presentó un distribución espacial en agregados, excepto en el último muestreo del

2012 y en el muestreo realizado en febrero de 2013, donde el valor del índice fue menor a uno, lo que indicó una distribución espacial regular, esto debido a que la densidad de población es muy baja y se reduce la probabilidad de encontrar un individuo en el mismo punto (Cuadro 7).

Para el caso del nivel altitudinal alto (Cuadro 8), en ambos periodos (2012 y 2013), los índices de agregación calculados presentaron valores mayores a uno en ninfas, indicando con ello un patrón espacial en agregados.

Cuadro 8. Índices de agregación calculados con el número promedio de ninfas y adultos de *T. aguacate* por muestreo para el nivel altitudinal alto en San Lorenzo, Uruapan, Michoacán, México.

	Ninfas			Adultos		
	Morisita	Lloyd	Distribución Espacial	Morisita	Lloyd	Distribución espacial
<b>Periodo 2012</b>						
27/01/2012	1.42	1.46	Agregados	-	-	-
17/02/2012	1.33	1.36	Agregados	-	-	-
09/03/2012	1.42	1.47	Agregados	-	-	-
30/03/2012	1.16	1.18	Agregados	-	-	-
20/04/2012	1.28	1.32	Agregados	1.33	1.36	Agregados
11/05/2012	1.5	1.55	Agregados	2.46	2.61	Agregados
01/06/2012	2.78	2.87	Agregados	0	0.44	Uniforme
22/06/2012	1.09	1.09	Agregados	SP	SP	-
13/07/2012	3.6	3.34	Agregados	SP	SP	-
<b>Periodo 2013</b>						
07/12/2012	SP	SP	-	SP	SP	-
28/12/2012	SP	SP	-	1.2	1.19	Agregados
18/01/2013	0.9	0.91	Uniforme	3.6	3.34	Agregados
08/02/2013	2.1	2.19	Agregados	1.68	1.71	Agregados
01/03/2013	2.73	2.87	Agregados	1.15	1.16	Agregados
22/03/2013	1.2	1.22	Agregados	1.06	1.06	Agregados
12/04/2013	1.79	1.88	Agregados	1.25	1.27	Agregados
03/05/2013	2.11	2.25	Agregados	1.12	1.13	Agregados
24/05/2013	1.7	1.78	Agregados	2.76	2.88	Agregados
14/06/2013	4.2	4	Agregados	SP	SP	-

SP= sin presencia del psílido; - no se muestreó.

### 3.6. DISCUSIÓN

Con respecto a la abundancia del psílido en el nivel altitudinal alto, el número total de huevos, ninfas y adultos en el periodo 2012, fue ligeramente menor al encontrado en el periodo 2013 (0.82% más psílicos que en el primero). En el nivel altitudinal medio, la abundancia de huevos, ninfas y adultos durante el periodo 2012 presentó 17.62% más psílicos que en el periodo 2013; esto se puede explicar debido a que a principio de enero en esta huerta se realizó una aplicación del insecticida Imidacloprid para el control de trips, la cual coincidió con la aparición de los primeros adultos de *T. aguacate*, lo que probablemente impidió que éstos ovipositaran y no se alcanzara mayor densidad de población.

Respecto a la fluctuación poblacional, *T. aguacate* se presentó sólo de enero a junio en el nivel altitudinal alto y de diciembre a junio en el nivel altitudinal medio. En ambas condiciones, existe una disminución significativa y la drástica desaparición de *T. aguacate* durante los meses de julio a noviembre o diciembre, dependiendo del nivel altitudinal, esto a pesar de la presencia de brotes vegetativos durante los meses de marzo a abril (Figuras 8c y 9c), debido a la disponibilidad de humedad en el suelo proporcionada en el nivel altitudinal alto (huerto San Lorenzo) por lluvias que se presentan en los Valles Altos (Figura 9c), mientras que en el nivel altitudinal medio (huerto Los Gemelos) la humedad se proporcionó por el riego de auxilio, debido a la falta de precipitación en dichos meses (Figura 8c). La ausencia del psílido, probablemente se debió a la alta correlación negativa que existió entre precipitación y la densidad de población.

En los dos niveles altitudinales donde se presentó el psílido, se encontró una correlación alta con la brotación (Cuadro 5), indicando con ello que la abundancia de huevos y ninfas depende en gran medida de la presencia de brotes jóvenes, lo que trae como consecuencia un notable incremento de la población del insecto, ya que con el aumento del follaje en el árbol se propician las condiciones para que los adultos ovipositen en la mayor cantidad de brotes y al hábito que tienen las ninfas de alimentarse del tejido foliar joven. Este comportamiento es similar a lo reportado por Barbosa *et al.* (2004) quienes indicaron que los huevos y ninfas de diferentes estadios de *Tuthillia cognata* se localizan en las hojas más jóvenes del tercio superior de la planta de camu-camu (*Myrciaria dubia*); en tanto que James *et al.* (2002) y Tsai *et al.* (2002) relacionaron los altos niveles de población del psílido *Diaphorina citri* con la disponibilidad de brotes tiernos.

Las densidades más altas de *T. aguacate* se observaron (para todos los estados de desarrollo) antes del inicio de la temporada de lluvias, cuando la precipitación fue baja (0-5.2 mm), lo que fue corroborado con la correlación negativa de moderada a alta, entre la densidad de población de todas las etapas de desarrollo y la precipitación en ambos niveles altitudinales. Se observó que cuando la precipitación aumenta, la densidad de todos los estados de desarrollo de *T. aguacate* tienden a disminuir. Estos resultados coinciden con el comportamiento de otros psílicos, como lo reportan Pinedo *et al.* (2001) y Delgado & Couturier (2004), quienes señalan que las mayores infestaciones de *Tuthillia cognata* se presentan en la época seca, disminuyendo sus poblaciones en época lluviosa. De la misma manera, Dalberto *et al.* (2004), señalan que la época lluviosa produce una disminución en las

poblaciones del psílido *Triozoida limbata* en árboles de *Inga edulis* en la amazonia brasileña.

Con respecto a la temperatura, no se encontró correlación significativa; sin embargo, se nota una tendencia en el efecto negativo de éstas sobre la densidad de huevos y ninfas (Cuadro 5). Por lo anterior, se puede suponer que en el nivel altitudinal bajo (1293 m), no se presenta el psílido debido a las elevadas temperaturas, pues en esta área las temperaturas máximas son de 28.6, 29.6 y 30.1 °C en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente, que es cuando se presenta el psílido en los otros dos niveles altitudinales estudiados. Es probable que las altas temperaturas representen una restricción para el desarrollo del insecto, como sucede con *D. citri* que a temperaturas >28 °C disminuyen la supervivencia de huevos y ninfas, afectando la longevidad de las hembras y disminuyendo la producción de huevos (Liu & Tsai 2000). En el caso de *Heteropsylla cubana* las temperaturas de 32 a 33 °C, incrementan considerablemente la mortalidad de los primeros instares ninfales (Geiger & Gutierrez, 2000).

En cuanto a la disposición espacial del psílido, se encontró que las ninfas y adultos mostraron un patrón de distribución en agregados durante casi todos los muestreos, en ambos periodos y en ambos niveles altitudinales. Con base a los resultados, en general la población tiende a la agregación, siguiendo la época de mayor brotación y principalmente en los estados de desarrollo de huevo y ninfa. Esta distribución en agregados, también lo presentan los diferentes estados de desarrollo del psílido *T. cognata* en su hospedero camu-camu (Pérez & Iannacone, 2009) y en el psílido de los cítricos *D. citri* en *Murraya paniculata* en el sur de Florida, EUA (Tsai *et al.*, 2002)

y en la Habana, Cuba (Miranda *et al.*, 2011). Sin embargo, en los últimos muestreos de adultos en trampas en el periodo 2012, en ambos niveles altitudinales, los valores de los índices de agregación fueron menores a uno, mostrando un patrón uniforme, lo que indica que se reduce la probabilidad de encontrar un individuo en el mismo espacio que otro, esto puede deberse probablemente a la baja densidad de población que se presentó a inicio de cada periodo cuando aparecen los primeros individuos y al final de cada periodo cuando baja la densidad a causa de la carencia de brotes vegetativos y la presencia de lluvias.

### 3.7. CONCLUSIONES

*Trioza aguacate* se presentó sólo de enero a junio en el nivel altitudinal alto y de diciembre a junio en el nivel altitudinal medio, coincidiendo con la presencia de brotes del flujo vegetativo de primavera y poca o nula precipitación pluvial.

*T. aguacate*, no se presentó en el nivel altitudinal bajo, a pesar de la presencia de brotes vegetativos.

Todos los estados de desarrollo de *T. aguacate* presentaron correlación negativa con la precipitación pluvial.

De acuerdo con los índices de agregación empleados, las poblaciones de ninfas y adultos de *T. aguacate* presentaron una distribución espacial en agregados en los brotes.

## CAPÍTULO IV

### PARASITISMO EN NINFAS DE *Trioza aguacate* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) POR *Tamarixia aguacatensis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) Y OTROS ENEMIGOS NATURALES

#### 4.1. RESUMEN

*Tamarixia aguacatensis* Yefremova (Hymenoptera: Eulophidae) es un parasitoide recientemente descrito para México y afecta ninfas de *Trioza aguacate* Hollis & Martin. Este estudio tiene el propósito de conocer la fluctuación poblacional de *T. aguacatensis*, determinar sus niveles de parasitismo y saber qué otros enemigos naturales están asociados al psílido *T. aguacate*. El trabajo se realizó mediante muestreos cada 20 días, de enero de 2012 a julio de 2013. Para estimar la densidad de población se seleccionaron nueve árboles en cada huerto, distribuidos en forma de cruz, de los cuales se colectaron cuatro brotes al azar por cada árbol, donde se contabilizó el número de ninfas de cuarto y quinto instar, mientras que los adultos del parasitoide se contabilizaron en trampas amarillas. Para evaluar el porcentaje de parasitismo, se contabilizó el número de ninfas parasitadas de cuarto y quinto instar que tenían huevos o larvas del parasitoide en sus cuerpos y las momificadas en cada brote; se aplicó la relación recomendada por Paiva y Parra (2012) y Rodríguez-Palomera *et al.* (2012). Los resultados mostraron que el parasitoide se presentó en dos periodos bien definidos en ambos huertos. En el huerto Los Gemelos se presentó de febrero a junio de 2012 y 2013, alcanzando en el primer ciclo porcentajes de parasitismo entre el 33.3 y 93.8%, mientras que en el ciclo 2013, estuvo entre 20.8 y 60%. En el huerto San Lorenzo, se observó de marzo a julio de 2012 y 2013, alcanzando porcentajes de parasitismo de 22.5 y 60% en el ciclo 2012, mientras que en el ciclo 2013, los porcentajes de parasitismo estuvieron entre 14.3 y 66.7%. También se encontraron siete depredadores asociados a *T. aguacate*.

**Palabras clave:** Triozidae, psílicos, ectoparasitoide, Eulophidae

**PARASITISM IN *Trioza aguacate* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) NYMPHS BY  
*TAMARIXIA AGUACATENSIS* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AND OTHER  
NATURAL ENEMIES**

**4.2. ABSTRACT**

*Tamarixia aguacatensis* Yefremova (Hymenoptera: Eulophidae) is a parasitoid, recently described for Mexico, which affects *Trioza aguacate* Hollis & Martin nymphs. This study has the purpose of learning the population fluctuation of *T. aguacatensis*, determining its degrees of parasitism, and knowing what other natural enemies are associated with the psyllid *T. aguacate*. The work was done through samplings every 20 days, from January 2012 to July 2013. To estimate the population density, nine trees were selected from each orchard, distributed in a cross section, from which four random buds per tree were collected. Each bud was measured for number of nymphs in the fourth and fifth instar, while adults of the parasitoid were counted in yellow traps. To evaluate the percentage of parasitism, the number of parasite bearing nymphs in the fourth and fifth instars with eggs or larvae of the parasitoid in their bodies was counted, as well as those mummified in each bud; the relation recommended by Paiva and Parra (2012) and Rodriguez-Palomera *et al.* (2012) was used. The results showed that the parasitoid was present in two well-defined periods in both orchards. In the Los Gemelos orchard, it was present from February to June, 2012 and 2013, reaching, in the first cycle, parasitism percentages between 33.3 and 93.8%, while in the 2013 cycle, they were between 20.8 and 60%. In the San Lorenzo orchard, it was present from March to July, 2012 and 2013, reaching parasitism percentages between 22.5 and 60% in the 2012 cycle, and between 14.3 and 66.7% in the 2013 cycle. Seven predators associated with *Trioza aguacate* were also found.

**Key words:** Triozidae, psyllids, ectoparasitoid, Eulophidae

### 4.3. INTRODUCCIÓN

Los enemigos naturales son el recurso fundamental del control biológico. Estos agentes de control provienen de muchos grupos que difieren ampliamente en su biología y ecología. El conocimiento detallado de la taxonomía, biología y ecología del enemigo natural es una gran ventaja para poder aplicarlos en el control de plagas. Los parasitoides son a menudo los enemigos naturales más eficientes de los insectos (Van Driesche y Hoddle, 2007).

El psílido del aguacate, *Trioza aguacate* Hollis & Martin (Hemiptera: Triozidae) afecta árboles criollos y de la variedad Hass (Yefremova *et al.*, 2014). En la actualidad, no existe ningún estudio sobre el control de este psílido, sin embargo los enemigos naturales pueden ejercer un papel importante en su control.

Recientemente, se describió para México a *Tamarixia aguacatensis* Yefremova (Hymenoptera: Eulophidae) como un parasitoide de ninfas de *T. aguacate*. Este parasitoide se encuentra distribuido en varios municipios del estado de Michoacán, donde está presente el psílido (Yefremova *et al.*, 2014). La presente investigación se realizó con el propósito de conocer la fluctuación poblacional de *Tamarixia aguacatensis*, determinar sus niveles de parasitismo y conocer los depredadores asociados a *Trioza aguacate*.

## **4.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.4.1. Ubicación del área de estudio**

El estudio se realizó en dos huertos de aguacate, ubicados en diferentes altitudes en el estado de Michoacán, México. El primer huerto (Los Gemelos) se ubica en el ejido El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, en las coordenadas geográficas 19° 26' 29.81" latitud norte y 101° 49' 53.03" longitud oeste, a una altitud de 1860 m. El segundo huerto (San Lorenzo), se ubica en la comunidad de San Lorenzo, municipio de Uruapan, en las coordenadas 19° 31' 25.45" latitud norte y 102° 05' 12.58" de longitud oeste, a una altitud de 2130 m. Los huertos muestreados estaban establecidos con la variedad de aguacate Hass, de 10 años de edad, plantados a tresbolillo y con distancia entre árboles de 10 m.

### **4.4.2. Identificación del parasitoide**

Para corroborar que se trataba del parasitoide *T. aguacatensis* se colectaron brotes con ninfas parasitadas de cuarto y quinto instar, en envases de plástico tapados con tela de organza, hasta la emergencia de los parasitoides. Los parasitoides se conservaron en frascos con alcohol al 70% para su posterior montaje e identificación mediante las claves taxonómicas de Yefremova *et al.* (2014).

#### **4.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional del psílido *T. aguacate* y del parasitoide *T. aguacatensis***

Para determinar la abundancia y fluctuación poblacional de ninfas de *T. aguacate* y su parasitoide *T. aguactensis*, en cada huerto se realizaron muestreos cada 20 días, de enero de 2012 a julio de 2013. Para el muestreo se seleccionaron en cada huerto, nueve árboles distribuidos en forma de cruz; de cada árbol se colectaron al azar de la parte media de la copa, a una altura aproximada de 1.60 m, cuatro brotes de no más de 8 cm de longitud, uno en cada punto cardinal. Los brotes se colocaron individualmente en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y se depositaron en hieleras donde permanecieron hasta su traslado al Laboratorio de Control Biológico de la Universidad Autónoma Chapingo.

En los brotes colectados se contó el número ninfas chicas (primero, segundo y tercer ínstar) y de ninfas grandes (cuarto y quinto ínstar). Las ninfas chicas se distinguieron por la ausencia o el poco desarrollo de los paquetes alares, y en las ninfas de cuarto y quinto ínstar se consideró el nivel de desarrollo de estos.

La evaluación de los adultos de *T. aguacatensis*, se realizó en los mismos árboles y durante el mismo periodo de muestreo que en las ninfas. En cada árbol se colocaron cuatro trampas adhesivas de color amarillo de 7x14 cm. Cada trampa fue ubicada en la periferia de la copa del árbol a una altura de 1.60 m, una en cada punto cardinal y el remplazo de las trampas se realizó cada 20 días. Para evaluar la densidad, en cada una de las trampas se contó el número de adultos del parasitoide *T. aguacatensis* y de los depredadores que habían sido detectados con anterioridad.

#### **4.4.4. Incidencia y hábitos de *Tamarixia aguacatensis***

Para evaluar el nivel de parasitismo, se consideraron las ninfas de cuarto y quinto instar, ya que son las más susceptibles a ser parasitadas. Los brotes colectados se examinaron bajo el microscopio estereoscópico, y se contabilizó en cada brote, el número de ninfas parasitadas que tenían huevos o larvas del parasitoide en sus cuerpos, además de las momificadas.

El porcentaje de parasitismo se obtuvo mediante la relación  $(A/B) \times 100$ , donde A se refiere al número de ninfas parasitadas y B es el número total de ninfas (parasitadas y no parasitadas) (Paiva y Parra, 2012; Rodríguez-Palomera *et al.*, 2012). Para obtener el porcentaje de parasitismo se consideró el número total de ninfas por muestreo.

#### **4.4.5. Detección de depredadores**

Para la identificación de los depredadores, se inspeccionaron principalmente los brotes tiernos de árboles de aguacate infestados con *T. aguacate* de donde se realizaron colectas de los depredadores presentes en acción de depredación y se procedió a colocarlos en frascos con alcohol al 70% para su conservación y posterior identificación con claves taxonómicas.

## 4.5. RESULTADOS

### 4.5.1. Identificación del parasitoide

De acuerdo con las claves taxonómicas de Yefemova *et al.* (2014), se corroboró que el parasitoide asociado a las ninfas de *Trioza aguacate* fue *Tamarixia aguacatensis* Yefremova sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae).

### 4.5.2. Abundancia y fluctuación poblacional

Con base en los 26 muestreos realizados de enero de 2012 a julio de 2013, se ubicaron dos ciclos bien definidos con la presencia del psílido *T. aguacate* y su parasitoide *Tamarixia aguacatensis*. El primer ciclo se presentó de enero a junio de 2012 y el segundo de enero a junio de 2013.

La abundancia de *T. aguacate* y su parasitoide *T. aguacatensis* en el huerto Los Gemelos durante el ciclo 2012, se manifestó con un total de 1,804 ninfas del psílido, de las cuales 1,583 eran ninfas pequeñas (primero, segundo y tercer ínstar) y 215 ninfas de cuarto y quinto ínstar; de estas últimas, 123 estaban parasitadas con *T. aguacatensis*; a su vez, en las trampas adhesivas se colectaron 115 adultos del parasitoide. En el ciclo 2013 se contabilizaron 322 ninfas en total, de las cuales 243 fueron ninfas chicas y 79 ninfas de cuarto y quinto instar; de estas últimas, 41 estaban parasitadas; mientras que en las trampas adhesivas se colectaron 30 adultos del parasitoide.

La abundancia en el huerto San Lorenzo durante el ciclo 2012, fue de 594 ninfas del psílido, de las cuales 550 eran ninfas pequeñas y 44 fueron ninfas de cuarto y quinto ínstar, de las cuales 17 estaban parasitadas; en tanto que en las trampas adhesivas se contabilizaron 51 adultos del parasitoide. En el ciclo 2013, se contabilizó un total de 1,374 ninfas, de las cuales 1,290 eran ninfas chicas y 84 ninfas de cuarto y quinto ínstar; de estas últimas 39 estaban parasitadas. A su vez, en las trampas amarillas se obtuvieron 59 adultos.

El parasitoide se detectó por primera vez en el muestreo realizado el 20 de abril de 2012 y se observó que las ninfas con síntomas de parasitismo eran las de cuarto y quinto ínstar.

En las curvas de fluctuación poblacional del huerto Los Gemelos, durante el ciclo 2013 se muestra que las primeras ninfas parasitadas aparecieron a principios del mes de febrero, alcanzando los picos de máxima población a mediados del mes de abril y declinando a cero en el mes de julio. Los picos de máxima población del parasitoide *T. aguacatensis* (ninfas parasitadas) coincide con los picos de máxima población de las ninfas de cuarto y quinto ínstar, y declinan las poblaciones a cero en el mes de julio; este comportamiento fue similar en ambos ciclos. En el ciclo 2013, las primeras ninfas del psílido se observaron a principios del mes de febrero, al mismo tiempo que las primeras ninfas parasitadas (Figura 10).

En las trampas adhesivas, el pico de máxima población de adultos del parasitoide se presentó en el mes de mayo, en ambos ciclos. En el ciclo 2013, los primeros adultos se presentaron a principios del mes de febrero (Figura 10).

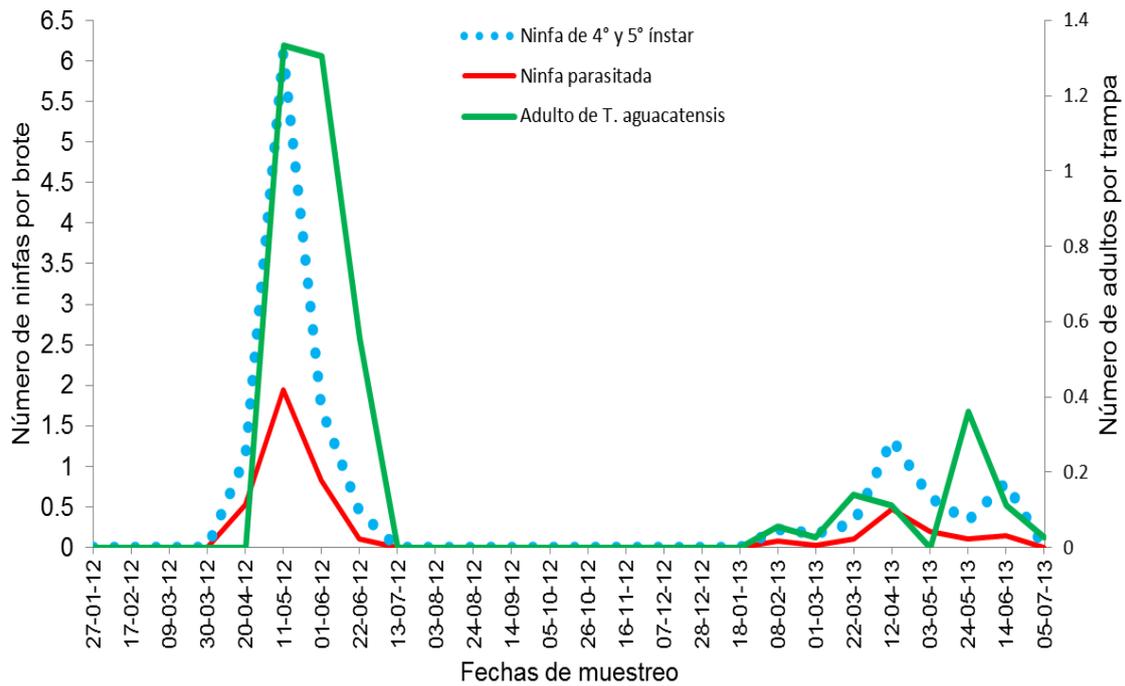


Figura 10. Fluctuación poblacional de *Tamarixia aguacatensis* en el huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán.

En el huerto San Lorenzo, las curvas de fluctuación poblacional mostraron que durante el ciclo 2012, se tuvo la presencia de ninfas parasitadas en el muestreo realizado el 20 de abril, alcanzando el pico de máxima población a mediados de mayo, declinando en el mes de julio. El pico de máxima población de las ninfas de cuarto y quinto ínstar, coincidió con el pico de máxima población de ninfas parasitadas, disminuyendo la población también en el mes de julio. En el ciclo 2013 se presentó el mismo comportamiento que el ciclo 2012, solo que las primeras ninfas parasitadas se presentaron iniciando marzo (Figura 11).

En el ciclo 2012, los adultos del parasitoide presentaron el pico poblacional más alto al final del mes de marzo y en el ciclo 2013 el pico de máxima población se presentó en mayo (Figura 11).

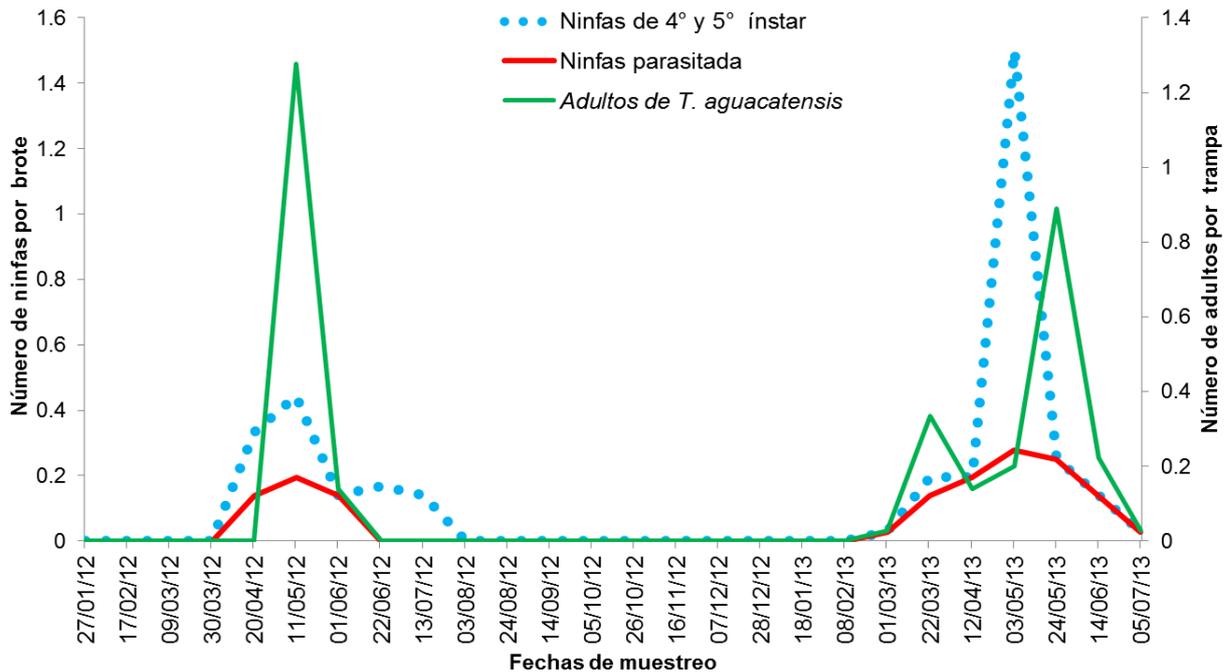


Figura 11. Fluctuación poblacional de *Tamarixia aguacatensis* en el huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán.

#### 4.5.3 Incidencia y hábitos de *Tamarixia aguacatensis*

La hembra de *Tamarixia aguacatensis* coloca los huevos en posición trasversal al cuerpo de la ninfa de *T. aguacate*, adherido entre las coxas de las patas posteriores; hasta ahora solo se ha observado un huevo por ninfa. Los huevos del parasitoide están cubiertos con una sustancia viscosa que ayuda a adherirse al cuerpo de la ninfa. Las larvas se alimentan de la ninfa succionando la hemolinfa y desarrollándose debajo de esta (Figura 12a, Figura 12b, Figura 12c, Figura 12d). Al final del periodo larval del parasitoide, la ninfa muere y el exoesqueleto queda adherido a la hoja o tallos con una red de hilos finos de seda, los cuales se observan posteriormente alrededor de los márgenes de las ninfas momificadas (Figura 12g). El color del exoesqueleto de la ninfa cambia de color verde a café ocre, lo que las hace muy visibles sobre la hoja verde. La pupa se encuentra debajo de la ninfa

momificada y durante este periodo el parasitoide tiene un color crema (Figura 12e) y finalmente negro brillante (Figura 12f). Los adultos (Figura 12i) emergen cortando un orificio circular a la altura del tórax (Figura 12h).

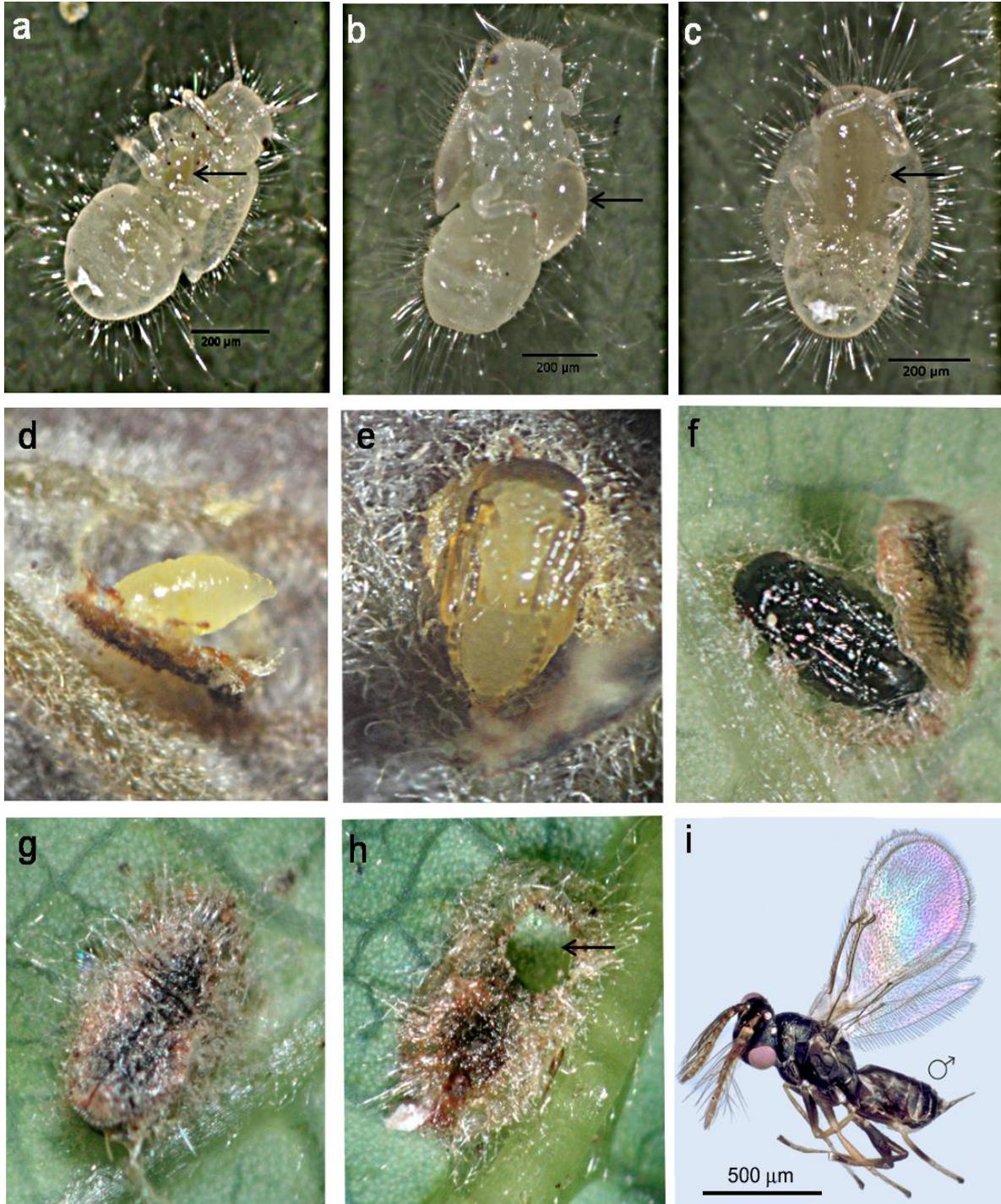


Figura 12. *Tamarixia aguacatensis*: a), b), c), d) diferentes estados larvales del parasitoide, e) color de la pupa recién formada, f) color de la pupa próxima a emerger, g) ninfa momificada, h) orificio de salida del parasitoide, i) macho adulto.

Se encontró a *Tamarixia aguacatensis* parasitando ninfas de cuarto y quinto ínstar de *T. aguacate* en los dos huertos muestreados durante 2012-2013.

En el huerto Los Gemelos, en el ciclo 2012 se alcanzaron niveles de parasitismo entre el 33.3 y 93.8%. Los porcentajes de parasitismo más bajos se presentaron a mediados de mayo (46.7%), cuando la densidad de ninfas de cuarto y quinto ínstar alcanzó el pico más alto y a finales de junio (33.3%), donde la densidad de las ninfas iba disminuyendo (Figura 13).

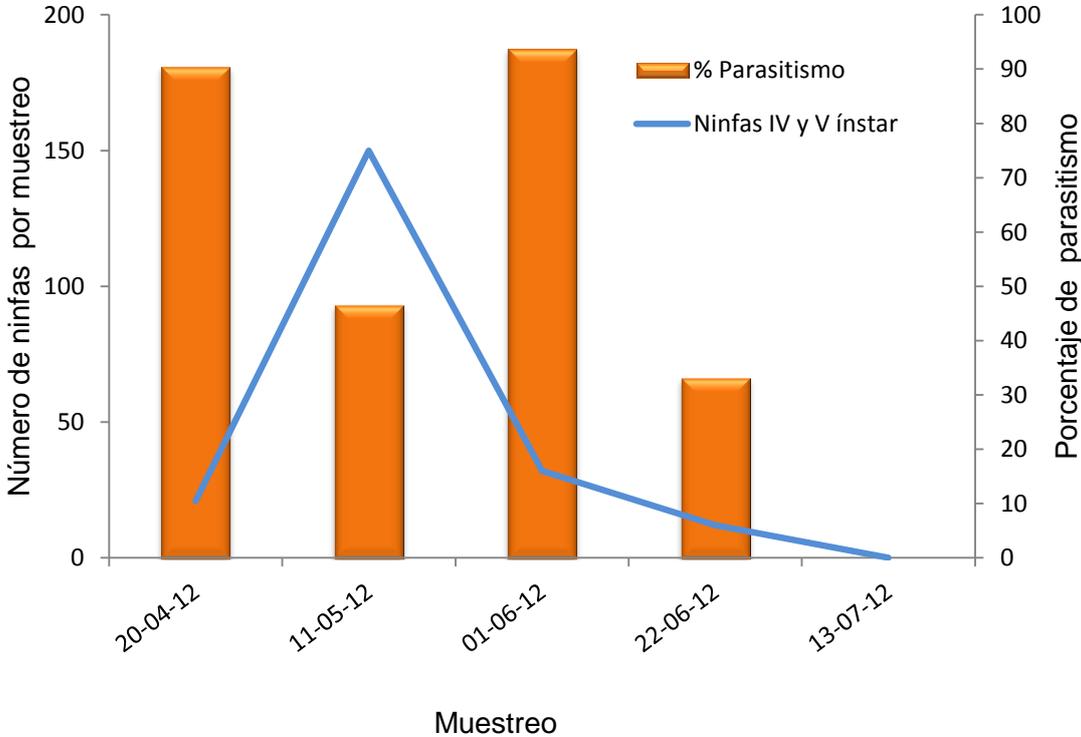


Figura 13. Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de *Trioza aguacate* ocasionado por *T. aguacatensis*. Huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Ciclo 2012.

En el ciclo 2013, la densidad de población de ninfas y su parasitoide fue menor que en el ciclo anterior, alcanzando niveles de parasitismo del 20.8 al 60%. Los porcentajes de parasitismo más altos, se presentaron en febrero (60%), finales de marzo (57.1%), abril (54%) y mayo (50%)| Los niveles de parasitismo más bajos se

presentaron a principios de marzo (25%), principios de mayo (25%) y junio (20.8%) (Figura 14).

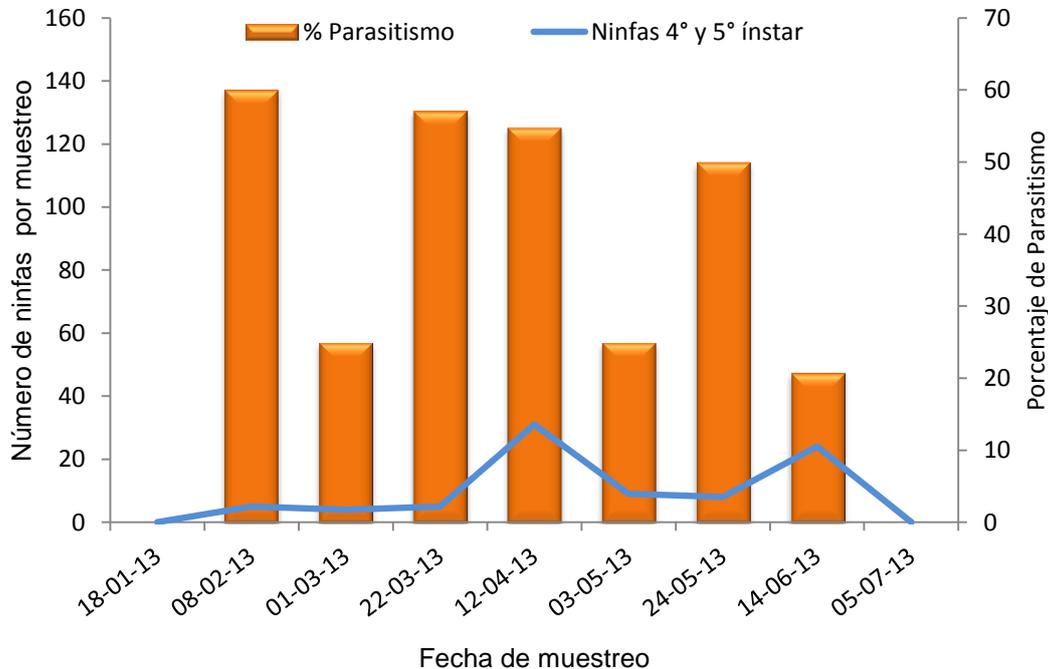


Figura 14. Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° instar de *Trioza aguacate* ocasionado por *T. aguacatensis*. Huerto Los Gemelos, El Tarascón, municipio de Salvador Escalante, Michoacán. Ciclo 2013.

Los niveles de parasitismo alcanzados en el huerto San Lorenzo estuvieron entre 22.5 y 60% en el ciclo 2012. En el muestreo realizado en abril se alcanzó un porcentaje de parasitismo del 60% y la densidad de ninfas de cuarto y quinto instar fue baja. En el mes de mayo se presentó el pico de máxima población de ninfas y se mostró un porcentaje de parasitismo de 22.2% (Figura 15).

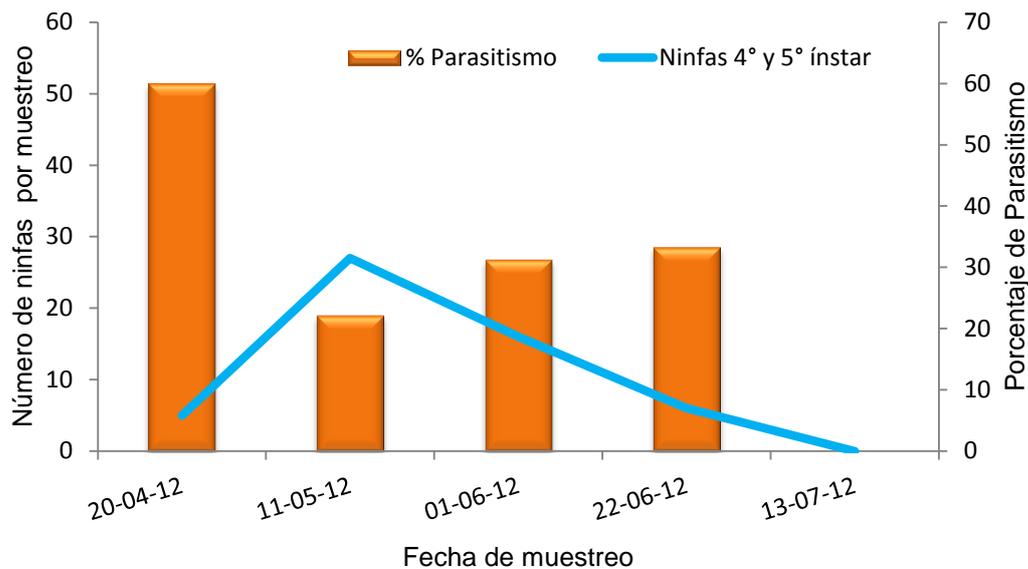


Figura 15. Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de *Trioza aguacate* ocasionado por *T. aguacatensis*. Huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán. Ciclo 2012.

En el mismo huerto, durante el ciclo 2013 los niveles de parasitismo fueron de 14.3 y 66.7%. Los porcentajes de parasitismo más altos fueron en mayo (59.3 y 66.7%) y junio (66.7%) y los más bajos se presentaron en marzo (25%) y abril (14.3%) (Figura 16).

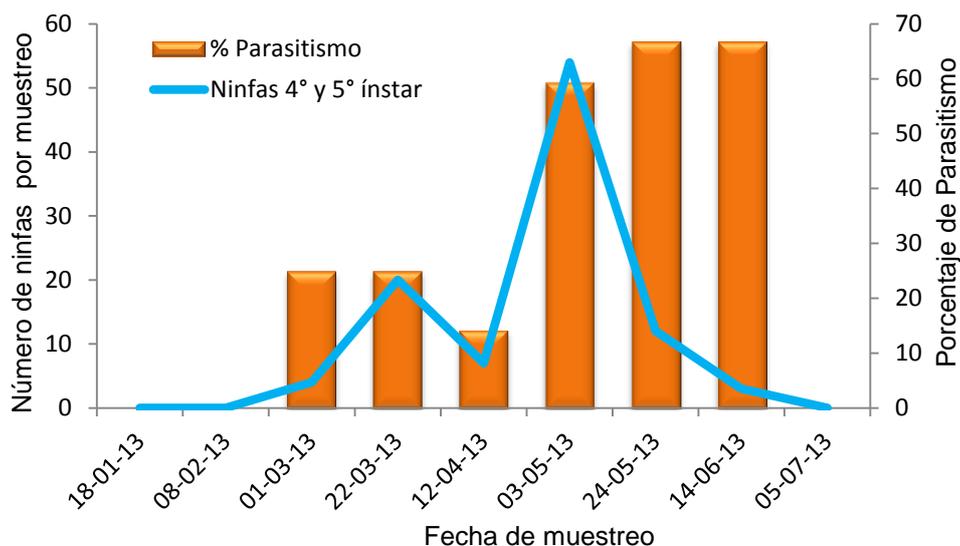


Figura 16. Porcentajes de parasitismo en larvas de 4° y 5° ínstar de *Trioza aguacate* ocasionado por *T. aguacatensis*. Huerto San Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán. Ciclo 2013.

#### 4.5.4. Depredadores de *Trioza aguacate*

En los dos huertos estudiados se obtuvo un total de ocho especies de enemigos naturales de *T. aguacate*, dentro de los cuales se encuentran las especies insectiles depredadoras *Olla v-nigrum* Mulsant, *Cycloneda sanguinea* L., *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla rufilabris*, *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) y el ácaro *Anystis* sp. (Acari: Anystidae).

#### 4.6. DISCUSIÓN

La fauna mexicana de Psylloidea es poco conocida y aún menos conocidos sus parasitoides. En México solo se conocen cinco especies del género *Tamarixia* Mercet (Eulophidae: Tetrastichinae), dentro de las cuales se encuentra el parasitoide recientemente descrito *Tamarixia aguacatensis* Yefremova, afectando ninfas del psílido *Trioza aguacate* en Michoacán, México.

Respecto a la abundancia del parasitoide en el huerto Los Gemelos ubicado a una altitud de 1860 m, durante el ciclo 2013, el número de ninfas parasitadas fue 49.9 % menor, al de las ninfas parasitadas en el ciclo 2012; esta disminución pudo ser causada por una aplicación de insecticida Imidacloprid, realizada para el control de trips, en los primeros días de enero, la cual coincidió con la aparición de los primeros adultos de *T. aguacate*, lo que probablemente impidió que éstos ovipositaran y como consecuencia se tuvieron bajas poblaciones de ninfas para ser parasitadas, o bien, que el insecticida también afectó a los primeros adultos del parasitoide. Resultados similares reportaron Rodríguez-Palomera *et al.* (2012), quienes no detectaron la

presencia del parasitoide *Tamarixia radiata* en un huerto de cítricos en Veracruz, México y lo atribuyeron a las aplicaciones periódicas de Imidacloprid que se realizaron durante el periodo de su investigación. De la misma manera, Miranda y López (2010) comentaron que en el estado de Michoacán se hicieron aplicaciones del mismo insecticida, lo que provocó que la presencia de parasitoides de *T. radiata* disminuyera considerablemente. En este huerto, coincidió el periodo de brotación vegetativa con la mayor incidencia de ninfas del psílido, baja precipitación pluvial y temperaturas medias menores a 19°C de enero a junio, en ambos ciclos (Figura 8).

En el huerto San Lorenzo ubicado a una altitud de 2130 m, en el ciclo 2013 se incrementó en 31.2% la densidad de ninfas de cuarto y quinto ínstar y los parasitoides en 38.2% en relación al ciclo 2012. En este huerto, en el ciclo 2012 se presentó 60% menos ninfas de cuarto y quinto ínstar que en el huerto Los Gemelos, y a pesar de que en el ciclo 2013 la densidad de población del huerto Los Gemelos fue afectada posiblemente por una aplicación de insecticida, presentó casi el mismo número de ninfas que en el huerto San Lorenzo. En el huerto Los Gemelos, las primeras ninfas parasitadas se presentaron en febrero y en el huerto San Lorenzo un mes después, esto posiblemente se debe al efecto de las temperaturas en la aparición de los primeros psílicos, ya que en el primer huerto las temperaturas mínimas de enero a junio estuvieron entre 10 y 16 °C a diferencia de las bajas temperaturas presentes en ese mismo periodo (de 4.5 a 13 °C) en el huerto San Lorenzo (Figura 9).

Con respecto a la incidencia del parasitismo, en el huerto Los Gemelos el porcentaje de parasitismo estuvo entre 33.3 y 93.8% y el huerto San Lorenzo presentó entre

22.5 y 60%. Estos datos entran en el rango de porcentaje de parasitismo reportado para otras especies de *Tamarixia*; Bravo y López (2007) mencionan que en condiciones de campo *T. triozae* puede parasitar hasta el 80% de las ninfas de *Bactericera cockerelli* en cultivo de chile establecido en los Valles Centrales de Oaxaca, México; Cortez *et al.* (2011) reportan un porcentaje de parasitismo de 59.6% de *Tamarixia radiata* sobre *Diaphorina citri* en plantaciones de naranja en el municipio de Ahome, Sinaloa, México.

En relación a los enemigos naturales recolectados, a pesar de que se encontraron varias especies depredadoras, no existen suficientes evidencias de la injerencia directa de estos en la dinámica poblacional de *T. aguacate*. Sin embargo, es importante resaltar que su presencia aumentó durante la primavera, época en la que se presenta el psílido. De las especies depredadoras encontradas en este estudio, *Olla v-nigrum*, *Cycloneda sanguinea* y *Ceraeochrysa* sp. también fueron reportadas por Rodríguez-Palomera *et al.* (2012), González *et al.* (2005), Michaud (2001) como enemigos naturales asociados a *D. citri* en México, Cuba y Florida, EUA. También se reportó a *Scymnus distinctus* en Cuba (González *et al.*, 2005) y *Chrysoperla rufilabris* en Florida asociados a *D. citri* (Michaud, 2001).

#### 4.7. CONCLUSIONES

El parasitoide que afecta al psílido *Trioza aguacate* en Michoacán, México fue identificado como *Tamarixia aguacatensis*.

El parasitoide, *T. aguacatensis*, se presentó en el huerto Los Gemelos (altitud de 1860 m) de febrero a junio de 2012 y 2013, y en el huerto San Lorenzo (altitud de 2130 m), se observó de marzo a julio de 2012 y 2013.

Los picos de máxima población del parasitoide, coincidió con los picos de máxima población de las ninfas de cuarto y quinto instar de *T. aguacate*, en ambos ciclos.

En el huerto Los Gemelos, se alcanzaron niveles de parasitismo del 33.3 al 93.8 % en 2012, mientras que en el ciclo 2013 estuvieron entre el 20.8 y 60 %.

En el huerto San Lorenzo, se alcanzaron porcentajes de parasitismo de 22.5 al 60 % en el ciclo 2012, mientras que en el ciclo 2013, estuvieron entre 14.3 y 66.7 %.

También se encontraron los depredadores de *T. aguacate*: *Olla v-nigrum*, *Cycloneda sanguinea*, *Scymnus* sp., *Chrysoperla rufilabris*, *Ceraeochrysa* sp., *Orius* sp. y *Anystis* sp.

## CONCLUSIONES GENERALES

El ciclo de vida de *T. aguacate* se completó en 24.5 días en promedio, siete de los cuales corresponden al periodo de incubación y el resto al periodo ninfal.

Las hembras colocan los huevos de forma vertical en el envés de las hojas, puntos de crecimiento y yemas axilares, y la oviposición está condicionada a la presencia de brotes tiernos.

*T. aguacate* se presentó sólo de enero a junio en el nivel altitudinal alto y de diciembre a junio en el nivel altitudinal medio, coincidiendo con la presencia de brotes del flujo vegetativo de primavera y poca o nula precipitación pluvial.

Todos los estados de desarrollo de *T. aguacate* presentaron correlación negativa con la precipitación.

Las poblaciones de ninfas y adultos de *T. aguacate* presentaron una distribución espacial en agregados en los brotes.

Las ninfas del psílido provocan enrollamiento y deformación de brotes tiernos.

*Tamarixia aguacatensis* es un parasitoide asociado a las ninfas de *T. aguacate*.

La presencia del psílido *T. aguacate* se manifestó en el periodo de enero a junio, mientras que la del parasitoide, en la mayor parte del mismo periodo.

Además del parasitoide *T. aguacatensis*, se encontraron siete especies de depredadores de *T. aguacate*.

## LITERATURA CITADA

- Alfonso B., J. A. 2008. Manual Técnico del Cultivo de Aguacate “Hass” (*Persea americana* L.). Centro de Comunicación Agrícola de la Fundación Hondureña de Investigación FIIHA. La Lima, Cortés. Honduras. 49 p.
- Álvarez, F. 1979. El Aguacate. Ministerio de Agricultura. Madrid. 255 p.
- Alvarez-Zagoya, R. and D. Cibrian-Tovar. 1999. Biology of the peppertree psyllid *Calophya rubra* (Blanchard) (Homoptera: Psyllidae). Revista Chapingo, Serie Ciencia Forestales y del Ambiente 5(1): 51–57.
- Andrewartha, H. G. 1970. Introduction to the Study of Animal Populations. Methuen & Co., Londres. 332 p.
- Anguiano-Contreras J., V. M. Coria-Avalos, J. A. Ruíz-Corral, G. Chávez-León y J. J. Alcántar-Rocillo. 2003. Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate *Persea americana* cv. “Hass” en Michoacán, México. Proceedings V World Avocado Congress pp: 323-328.
- Barbosa, M. L. L., A. N. S Acioll, , A. N Oliveira, N. M. Silva and S. L. O. Canto. 2004. Ocorrência de *Tuthillia cognata* Hodkinson, Brown& Burckhardt, 1986 (Hemiptera: Homoptera, Psyllidae) em plantios experimentais de camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaughem Manaus (Amazonas, Brasil). Acta Amazónica 34: 115–119.
- Bárcenas O., A. 2000. Ecología del aguacate. En: III Seminario Taller sobre el Aguacate. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. 28 de septiembre al 15 de diciembre de 2000. pp: 7-14.
- Begon, M., J. L. Harper and C. R. Townsend. 1996. Ecology. Blackwel Science, Oxford. 1068 p.
- Benachio S., S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivos con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro

- Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.
- Bodlah, I., M. A. Bodlah, M. Naeem, T. Akhter, M. F. Nasir and M. T. Chaudhry. 2012. First record, distribution and morphology of psyllid, *Trioza fletcheri* minor Crawford, 1912 from Punjab Province of Pakistan. Pakistan Journal of Zoology 44 (5):1361-1365.
- Bravo, M. E. y López, L. P. 2007. Principales plagas del chile de agua en los Valles Centrales de Oaxaca. Agroproduce, Revista de la Fundación Produce Oaxaca A.C. 14-15 pp.
- Burk B. D. 1943. The North American parasitic wasps of the genus *Tetrastichus*: a contribution to biological control of insect pests. Proceedings of the United States National Museum 93: 505–608
- Burckhardt, D. 2005. *Ehrendorferiana*, a new genus of Neotropical jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea) associated with conifers (Cupressaceae). Organisms Diversity & Evolution 5 (4): 317-319.
- Burckhardt, D. and P. Lauterer. 1989. Systematics and biology of the Rhinocolinae (Homoptera: Psylloidea). Journal of Natural History 23: 643–712.
- Burckhardt, D. and D. Ouvrard. 2012. A revised classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea). Zootaxa 3509: 1-34.
- Burckhardt, D., D. C. Alené, D. Ouvrard, J. L. Tamesse and J. Messi. 2006. Afrotropical member of jumping plant-lice genus *Diclidophlebia* (Hemiptera:Psylloidea). Invertebrate Systematics 20: 367–393.
- Cadahia, D. 1977. Repartición espacial de las poblaciones en entomología aplicada. Bol. Serv. Plagas 3: 219-233.
- Catling, H. D. 1973. Notes on the biology of the South African citrus psylla, *Trioza erytrae* (Del Guercio)(Homoptera: Psyllidae). Journal of the Entomological Society of Southern Africa. 36(2): 229-306.

- Chávez, H., C. Pereira y R. González. 1985. Chicharrita del aguacate *Trioza perseae* Tuthil (Homoptera: Psyllidae) plaga potencial del aguacate en zonas altas del estado de Lara. Boletín de Entomológica Venezolana 4: 17-24.
- Chhetry, M., R. Gupta and J. S. Tara. 2012. Bionomics of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), on *Citrus sinensis* in Jammu Region of J & K State. Munis Entomology & Zoology 7 (1): 304-308.
- Clausen, C. P. 1940. Entomophagous Insects. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York. 688 p.
- Comisión Michoacana del Aguacate (COMA).2012. Sistema producto aguacate: Plan rector estatal. Uruapan, Michoacán. 89 p.
- Cortés M. E., L., Lugo A.N.E., Pérez M.J., Apodaca S. M. A. 2011. Primer reporte de enemigos naturales y parasitismo sobre *Diaphorina citri* Kuwayama en Sinaloa, México. Revista Científica UDO Agrícola 11 (1): 97-103.
- Coutanceau, M. 1964. Fruticultura. España, Ediciones de Occidente.108 p.
- Dalberto, F. M. S., Jr. A. Menezes, H. C. Simoes, N. P Benito and J. Pitwak. 2004. Population dynamics of guava psyllid *Triozioida limbata* (Hemiptera: Psyllidae) in Londrina Paraná, Brazil. Ciências Agrárias 25: 87–92.
- Day R. K. 1999. Integrated Control of Leucaena Psyllid. Final Technical Report of Project R6524, Funded by DFID, NR Integrational, Chayham, Kent, UK.
- Delgado, C. y G. Couturier. 2004. Manejo de insectos plagas en la Amazonía: su aplicación en camu camu. IIAP- Iquitos. IRD Francia. Lima, Perú. 147 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-066-FITO-1995, por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la movilización de frutos del aguacate para exportación y mercado nacional.
- Díaz, A. J. El Cultivo del Aguacate.1979. División de Agricultura. Banco de México. México, D.F.

- Echánove H. F. 2008. Abriendo fronteras: el auge exportador del aguacate mexicano a Estados Unidos. *Anales de Geografía* 28 (1): 9-28.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2005. Diagnostics: *Trioza erytrae*. [https://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Trioza\\_erytrae/pm757\(1\)%20TRIZER%20web.pdf](https://www.eppo.int/QUARANTINE/insects/Trioza_erytrae/pm757(1)%20TRIZER%20web.pdf) (Fecha de consulta: 23/06/2014).
- Fonseca, O., N. Valera y C. Vásquez. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica* 22(3): 145–152.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistics (FAOESTAT). 2014. Producción mundial de aguacate. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>. (Fecha de consulta: 10/06/2014).
- Garbanzo S., M. 2011. Manual de aguacate: Buenas prácticas de cultivo variedad Hass. Agencia de Servicios Agropecuarios de Frayles. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 89 p.
- Gardiazábal, F. 1990. Requerimientos de clima, suelo y agua para la implantación de paltos. Memorias del Curso Internacional sobre Producción, Postcosecha y Comercialización de Paltas. FAO. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Viña del Mar. 2-5 de octubre. pp b1-b4.
- Geiger, C. A., and A. P. Gutierrez. 2000. Ecology of *Heteropsylla cubana* (Homoptera: Psyllidae): Psyllid Damage, Tree Phenology, Thermal Relations, and Parasitism in field. *Environmental Entomology* 29(1): 76-86.
- Gil-Albert, F. 1992. La Ecología del Arbol Frutal. Vol. 2. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, España. 237 p.
- Godínez, M., M. Martínez, N. Melgar y W. Méndez. 2000. El cultivo del aguacate en Guatemala. PROFRUTA, MAGA, Guatemala, Guatemala. 35 p.
- González H., H., R. Johansen N., L. Gazca C., A. Equihua M., A. Salinas C., E. Estrada V., F. Durán A. y A. R. Valle P. 2000. Plagas del aguacate. ppp 117-

136. In: D. Téliz O. (Ed). El Aguacate y su Manejo Integrado, Mundi-Prensa Libros. México.
- González, C., Gómez M., Hernández D., y Tapia J.L. 2005. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) y sus enemigos naturales en cítricos de Cuba. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 64 (4):382-383.
- González-Hernández A, Arredondo-Bernal HC, Robles-González M, Martínez-Carrillo JL, Pérez J, López-Arroyo JI. 2009. Determinación de especies de parasitoides del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en México. Entomología Mexicana 8: 373-377.
- Grimaldi, D. A. and M. S. Engel. 2005. Evolution of the Insects. New York: Cambridge University Press 755 p.
- Gutiérrez-Contreras, M.,M. B. N Lara-Chávez, H. Guillén-Andrade y A. T. Chávez-Bárceñas. 2010. Agroecología de la Franja Aguacatera en Michoacán, México. Interciencia 35(9): 647-653.
- Hollis, D. 1984. Afrotropical jumping plant lice of the family Triozidae (Homoptera: Psylloidea). Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology 49: 1–102.
- Hollis, D. and J. H. Martin. 1997. Jumping plantlice (Hemiptera: Psylloidea) attacking avocado pear trees, *Persea americana*, in the New World, with a review of Lauraceae-feeding among *psylloids*. *Bulletin of Entomological Research* 87: 471–480.
- House, H. L. 1977. Nutrition of natural enemies, pp. 151-182 In R. L. Ridgway and S. B. Vinson [eds.], Biological control by augmentation of natural enemies. "Insect and mites control with parasites and predators. Plenum Press, Nueva York.
- Huang J., X. Liu, B. Huang and X. Yao. 1999. Studies on citrus psylla *Diaphorina citri* Kuwayama and its control. Entomological Journal of East China 8: 26-34.

- James, H. T., J. W. Jin, and H. L. Ying. 2002. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera:Psyllidae) in Southern Florida. Florida Entomologist 85(3): 446-45
- Láska, P. 1974. Studie über den Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis* Först.) (Triozidae, Homoptera). Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemoslovacaee, Brno, 8: 1–44.
- Liu, Y. H., and J. H. Tsai. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Annals of Applied Biology 137:201-206.
- Lloyd, M. 1967. Mean crowding. Journal of Animal Ecology 36: 1-30.
- Lomas, J. 1988. An agrometeorological model for assessing the effect of heat stress during the flowering and early fruit set on avocado yields. Journal of American Society for Horticultural Science 113 (1): 172–176.
- Lomelí-Flores J. R. and R. Bueno Partida. 2002. New record of *Tamarixia triozae* (Burks), parasitoid of the tomatoe [sic] psilid [sic] *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) in Mexico. Folia Entomológica Mexicana 41(3): 375–376.
- Lovatt, C. J. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. Yearbook. California Avocado Society. USA. pp: 193-199.
- Martínez, B. R. 1998. Comportamiento del aguacate “Hass”, bajo diferentes condiciones ecológicas. UMSNH. Facultad de Agrobiología. Uruapan, Michoacán. 75 p.
- McClay, A. S. 1990. Distribution of leucaena psyllid and its natural enemies in Mexico: implications for biological control. *Leucaena* psyllid: problems and management. pp. 139–143 In: Napomopeth B., MacDicken K. G. (Eds) Proceedings of an International Workshop Held in Bogor, Indonesia, January 16–21, 1989. Winrock International Institute for Agricultural Development, Bangkok. pp. 139-143.

- Menge J. A. and R. C. Ploetz. 2003. Diseases of Avocado. pp. 35-71 *In*: Ploetz R. C. (Ed) Diseases of Tropical Fruit Crop. CABI Publishing, Washington, DC, USA.
- Michaud, J.P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Fla. Entomol.* 84 (4) 608-612.
- Miranda, I., H. Banos, Y. Pérez y M. De Los Angeles. 2011. Patrón espacial y parámetros de crecimiento de *Diaphorina citri* Kuwayama y su parasitoide *Tamarixia radiata* Waterston sobre *Muraya paniculata*. *Revista de Protección Vegetal* 26(2): 100-104
- Miranda, S. M. y J.I. López A. 2010. Fluctuación poblacional del Psílido Asiático de los Cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) y sus enemigos naturales en Michoacán. Resumen del 1er Simposio Nacional sobre la Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y huanglongbingn en México. Monterrey, Nuevo León, México pp. 13-18.
- Misfud, D., and D. Burckhardt. 2002. Taxonomy and phylogeny of the old World jumping plant-lauce genus *Paurocephala* (Insecta: Hemiptera: Psylloidea). *Journal of Natura* 36: 1886-1887.
- Noyes, J. S. 2013. Universal Chalcidoidea Database, World Wide Web electronic publication. The Natural History Museum, London. <http://www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids/index.html> [Fecha de consulta: 23/08/2013].
- Ozols E. 1925. Zala burkanu lapu uts (*Trioza viridula* Zett.) Lauksaimniecibas Parvaldes Izdevums, Krajuma pie "Letas" Riga: 32 p.
- Ouvrard, D. 2014. Psyllist - The World Psylloidea Database. <http://www.hemiptera-databases.com/psyllist> - (Fecha de consulta: 16/07/2014).
- Paiva, P. E. B. and J. R. P. Parra. 2012. Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. *Revista Brasileira de Entomología* 56(4): 499-503.

- Peñalver, E. and V. García G. 2006. *Otroacizzia soriae* sp. nov., a new Miocene psyllid (Insecta, Hemiptera, Psyllidae) from Dominican amber. *Estudios Geológicos*, 62 (1):199-204.
- Pérez, D. and J. Iannacone. 2009. Fluctuación y distribución espacio-temporal de *Tuthillia cognata* (Hemiptera, Psyllidae) y de *Ocyptamus persimilis* (Diptera, Syrphidae) en el cultivo de camu-camu *Myrciaria dubia* (Myrtaceae) en Ucayali, Perú. *Revista Brasileira de Entomologia* 53(4):635-642.
- Pinedo, M., R. Riva, E. Rengifo, C. Delgado, J. Villacrés, A. González, H. Inga, A. López, R. Farroñay, R. Vega y C. Linares. 2001. Sistemas de Producción e camu camu en "Restinga". Manual Técnico, Programa de Ecosistemas Terrestres. Proyecto Bioexport camu camu IIAP, Iquitos, Perú. 136 p.
- Pletsch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agricultural Experiment Station Bulletin* 446. 95 p.
- Rabinovich, J. E. 1978. *Ecología de Poblaciones Animales*. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, DC.: Organización de los estados Americanos (OEA). 114 p.
- Rodríguez-Palomera, M., Cambero-Campos, J., Robles-Bermúdez, A., Carvajal-Cazola, C. y Estrada-Virgen, O. 2012. Enemigos naturales asociados a *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(3): 625-629.
- Ruíz-Corral J. A., G. G. Medina, A. I. González, T. C. Ortiz, L. H. Flores, P. R. Martínez y M. K. Byerly. 1999. *Requerimientos Agroecológicos de Cultivos*. SAGAR. INIFAP. CIRPAC. Libro Técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- Rao M. R., M. P. Singh and R. Day. 2000. Insect pest problems in tropical agroforestry systems: Contributory factors and strategies for management. *Agroforestry Systems* 50: 243-277.

- Rygg, T. 1977. Biological investigations on the carrot psyllid *Trioza apicalis* Förster (Homoptera, Triozidae). *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole* 56 (3): 1–20.
- Salazar-García, S. y I. Lazcano-Ferra. 1999. Diagnóstico nutricional del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 173-184.
- Sánchez-Pérez J. de la L., J. J. Alcántara-Rocillo, V. M. Coria-Avález, I. Vidales-Fernández, J. L. Aguilera-Montañes, J. A. Vidales-Fernández, L. M. Tapia-Vargas y J. A. Hernández-Ruíz. 2001. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. SAGAPA. INIFAP. Campo Experimental Uruapan. Libro Técnico No. 1. Michoacán, México.
- SAS SOFTWARE. 2002. Version 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Schauff, M. E., M. Gates y J. La Salle. 2006. Familia Eulophidae. pp: 755-760 *In*: F. Fernández and M.J. Sharkey (Eds.). *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad de Nacional Colombia, Bogota, Colombia.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional y Estatal de Aguacate. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350) (Fecha revisión: 10/06/2014).
- Tapia, V .L. M. 1994. Guía para el Cultivo del Aguacate. Riego. SARH. INIFAP. CIPAC. Campo Experimental Uruapan.
- Téliz O., D.; G. Mora A. y L. Morales G. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. 3-16. *In*: D. Téliz O. (Ed), *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Mundi Prensa Libros. México.
- Triapitsyn, S. V. 2000. A new *Anagrus* (Hymenoptera: Mymaridae), egg parasitoid of *Idona minuenda* (Homoptera: Cicadellidae), a pest of avocado in México. *Folia Entomológica Mexicana* 110: 89-94

- Tsai, J. H. and Y. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology* 93(6): 1721-1725.
- Tsai, J. H., J. J. Wang and Y. H. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. *Florida Entomologist* 85(3):446-451.
- Tuthill, L. D. 1943. The psyllids of America north of Mexico (Psylloidea: Homoptera)(Subfamilies Psyllinae and Triozinae). *Iowa State College Journal of Science* 17(4): 443-657.
- Tuthill L. D. 1959. Los Psyllidae del Perú Central (Insecta: Homoptera). *Revista Peruana de Entomología Agrícola* 2: 1-27.
- Ulloa-Méndez, J. J. 1994. Requerimiento de cal en once tipos de suelos ácidos de origen volcánico en el Valle de Matatipac. Tesis Profesional. Escuela Superior de Agricultura, Universidad Autónoma Nayarit, Xalisco, Nayarit. 47 p.
- Valenciaga, N., M. Fernández y C. Mora. 2004. Estudio taxonómico y biológico de *Heteropsylla cubana* Crawford, insecto fitófago de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38(3): 307-316.
- Van den Berg, M. A. 1990. The citrus psylla, *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae ): a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 30:171-194.
- Van Driesche, R. G. y M. S. Hoddle. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. Traducción por E. Ruiz Cancino, J. B. Coronado y J.M. Alvarez. Forest Health Technology Team. Technology transfer. Biological control. . USDA. 751 p.
- Villalpando I., J. F. 1985. Metodología de investigación en Agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigadores. Consejo Directivo de la Investigación Agrícola, Pecuaria y Forestal. SARH.

Waite, G. K. and R. Martínez B. 2002. Insect and mite pest. pp: 339-361. *In*: Whiley, A. W., B. Schaffer and B. N. Wolstenholme (eds). *The Avocado. Botany, Productions and Uses*. Wallingford, U.K., CAB International.

Waterston, J. 1922. On the chalcid parasites of psyllids (Homoptera). *Bulletin of Entomological Research* 13(1): 41–58.

Whiley, A. W. and B. Schaffer. 1994. Avocado. *In*: Schaffer, B., Anderson, P. (eds.). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Vol 2. Subtropical and Tropical*

White I. M. and I. D. Hodkinson. 1985. Nymphal taxonomy and systematics of the Psylloidea (Homoptera). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* 50: 153-301.

Wilcox, C. D., S. B. Dove, W. D. McDavid and D. B. Greer. 2002. Image tool for Windows Ver 3.0. The University of Texas, Health Science Center, Department of Dental Diagnostic Science, San Antonio, Texas, USA. <http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> or search for "Image Tool 3.0".

Williams, L. O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. *Economic Botany* 31: 315-320.

Wysocki, M., M.A. Van Den Berg, G. Ish-AM, S. Gazit, J. E. Peña and G. K. Waite. 2002. Pest and pollinators of avocado, pp. 223-293 *In* J.E Peña; J.L Sharp. and M. Wysocki [eds.], *Tropical Fruits Pests and Pollinators*. CAB International, Wallingford, UK.

Yefremova, Z., G. González-Santarosa, J. R. Lomelí-Flores and N. Bautista-Martínez. 2014. A new species of *Tamarixia* Mercet (Hymenoptera, Eulophidae), parasitoid of *Trioza* aguacate Hollis & Martin (Hemiptera, Triozidae) in Mexico. *ZooKeys* 368: 23–35.

Zuparko R. L., D. L. De Queiroz and J. La Salle. 2011. Two new species of *Tamarixia* (Hymenoptera: Eulophidae) from Chile and Australia, established as biological control agents of invasive psyllids (Hemiptera: Calophyidae, Triozidae) in California. *Zootaxa* 2921: 13–27.

<http://www.senasica.gob.mx/?id=4512> (Fecha de consulta: 18/08/2014).