



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN Y ECOLOGÍA DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ASOCIADAS CON EL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.) EN MORELOS, MÉXICO.

DANIEL GARCÍA PALACIOS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2016

La presente tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN Y ECOLOGÍA DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ASOCIADAS CON EL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.) EN MORELOS, MÉXICO**, realizada por el alumno: **Daniel García Palacios** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

ASESOR


DR. ÁNGEL LAGUNES TEJEDA

ASESOR


DR. JOSÉ LUIS CARRILLO SÁNCHEZ

ASESOR


DR. DANIEL NIETO ÁNGEL

ASESOR


DR. CIPRIANO GARCÍA GUTIÉRREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2016

**IDENTIFICACIÓN Y ECOLOGÍA DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA:
ALEYRODIDAE) ASOCIADAS CON EL CULTIVO DE AGUACATE (*Persea
americana* Mill.) EN MORELOS, MÉXICO**

**Daniel García Palacios, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2016**

RESUMEN

La presencia de moscas blancas en el cultivo de aguacate se ha relacionado con la disminución en el vigor de los árboles, así como en la producción de los mismos. El estudio se llevó a cabo en tres huertos en el estado de Morelos situados a diferentes altitudes, en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015. Se identificaron las especies *Tetraleurodes perseae* Nakahara, *Paraleyrodes minei* Iaccarino y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). Se hizo un análisis molecular de la región CO-I, las secuencias se compararon en la base de datos del GenBank (NCBI). Para *P. minei* no se encontró registro en dicha base; sin embargo, se determinó un 98% de similitud con la subfamilia Aleurodicinae. En *T. vaporariorum* se tuvo una similitud del 96% con 13 registros previos. *T. perseae* se presentó en los tres huertos durante todo el periodo de estudio, con mayor presencia en el de menor altitud. En el huerto con menor altitud (1736 msnm) se desarrollaron 11 generaciones, 10 generaciones en el huerto con gradiente medio (1934 msnm) y 8 generaciones en el huerto con mayor altitud (2230 msnm). Se detectaron adultos de *P. minei* esporádicamente en el huerto de mayor altitud, en el huerto con gradiente medio se tuvieron solo dos detecciones de su presencia. En el huerto de menor gradiente altitudinal, se tuvieron condiciones ambientales favorables para 11 generaciones, la especie estuvo presente durante todo el periodo de muestreo, los adultos tuvieron un incremento poblacional con el descenso de la temperatura, mientras que las ninfas mostraron el efecto contrario. La mosca blanca *T. vaporariorum* se encontró en los tres huertos, pero su reproducción se observó únicamente en malezas asociadas con el cultivo y no sobre el cultivo mismo.

Palabras clave: mosca blanca, plagas del aguacate, identificación, fluctuación, Aleyrodidae.

IDENTIFICATION AND ECOLOGY OF WHITEFLIES (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ASSOCIATED WITH AVOCADO CROP (*Persea americana* Mill.) IN MORELOS, MEXICO

**Daniel García Palacios, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2016**

ABSTRACT

The presence of whiteflies in avocado orchards has been related with the decrease in vigor of the trees and in avocado production. The study was done in three orchards in Morelos State, located at different altitudes, from February 2014 to April 2015. The following species were identified: *Tetraleurodes perseae* Nakahara, *Paraleyrodes minei* Iaccarino and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). A molecular analysis of the CO-I region was done, and the sequences were compared against the GenBank database (NCBI). No registry was found for *P. minei* in the database; however, a 98% similitude with the Aleurodicinae subfamily was determined. A 96% similitude was found for *T. vaporariorum* with 13 previous registries. *T. perseae* was present in all three orchards during the whole study period, with greater presence in the orchard at the lowest altitude. Eleven (11) generations developed in the lowest altitude orchard (1736 masl), 1 generations developed in the medium altitude orchard (1934 masl), and 8 generations developed in the highest altitude orchard (2230 masl). *P. minei* adults were sporadically detected in the highest altitude orchard, while in the medium altitude orchard they were detected only twice. In the lowest altitude orchard, the environmental conditions were favorable for 11 generations, and the species was present throughout the whole sampling period. The adults had a population growth as the temperature decreased, while the nymphs showed an opposite behavior. Whitefly, *T. vaporariorum*, was found in all three orchards, but its reproduction was observed only in undergrowth associated with the orchard, and not on the trees themselves.

Key words: whitefly, avocado pests, identification, fluctuation, Alyrodidae.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada para realizar mis estudios doctorales.

Al **Colegio de Postgraduados** por darme la oportunidad de acceder a una formación de excelencia en tan prestigiada institución.

Al **Dr. Néstor Bautista Martínez**, por brindarme su incondicional apoyo en la realización de este trabajo de investigación, por compartirme sus conocimientos y por los aportes que hizo en mi formación como investigador en entomología agrícola, así como por la confianza y la amistad que me ha brindado.

A mis asesores **Dr. Ángel Lagunes Tejeda, Dr. José Luis Carrillo Sánchez, Dr. Daniel Nieto Ángel y Dr. Cipriano García Gutiérrez**, por compartirme sus conocimientos y experiencia en el ámbito científico y académico, y por sus valiosas observaciones, sugerencias y recomendaciones que enriquecieron la presente investigación.

Al **M.C. Jorge Manuel Valdez Carrasco**, por su invaluable amistad, por su paciencia y por esa entrega que demuestra al compartir sus vastos conocimientos con quienes somos neófitos en el arte del procesamiento de imágenes.

A los productores **Sres. Adelino Huerta, José Luis Sánchez y Ricardo Casales**, por las facilidades otorgadas para realizar el estudio en sus huertos. Al **Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz** por su asesoría en la corroboración de la identificación de las especies.

A mis buenos amigos, **Don Alfredo** por su apoyo en ubicación del sitio de estudio, los estadistas **Lauro Soto, Sol Millán y Beres Cruz** por sus observaciones en el análisis de los resultados. **Marthita Segundo** por su invaluable apoyo y su incansable vocación de servicio, gracias por todo su apoyo y amistad.

Sinceramente... Daniel

DEDICATORIAS

A mis hijos **Julián** y “Tigrit@”, por haber llegado a mi vida a enseñarme cosas de mí y del mundo que desconocía, cada día es una nueva aventura a su lado, por llenar mi corazón de felicidad y amor hasta casi explotarlo, por llenar todos los huequitos de mi vida.

A **Mariana M. Sánchez Roldán**, por haber aceptado recorrer a mi lado el camino de la vida, por compartir tus sueños conmigo, por los ratos buenos y los no tan buenos, por tu amistad, tu confianza, tu incondicional apoyo, por levantarme cuando me siento derrotado, pero sobre todo por el amor que día a día me demuestras, te amo.

A mis padres **Esther Palacios Martínez** y **Ubaldo García Palacios**, por su invaluable esfuerzo y la oportunidad que me dieron para que lograr mi desarrollo profesional, por haberme educado como la persona que soy, pero principalmente por el amor y apoyo que siempre me han brindado, los amo.

Una mención especial al **Sr. Genaro Méndez†** (mi padrino) por siempre haberme hecho sentir como uno más de sus hijos, por compartir su casa y a su familia sin miramiento alguno, doy gracias por haberlo conocido y compartir tantos gratos momentos con Usted.

A mis hermanos **Jesús, Joel, Efraín** y **Lizet**, por el apoyo y confianza que he recibido de ustedes en cada momento.

A mis cuñadas por haber engrandecido numéricamente a la familia y a mis sobrinos por la alegría que han traído y los ratos felices que hemos compartido.

A mis buenos amigos: Alejandro Domínguez, Alma Sánchez, Lupita Hernández, Jaime Urzúa, Gustavo Cortés, Lauro, Sol, Beres, Patricio, Nelson, y demás que omito por ser una lista larga, y a las personas que aportaron conocimientos, opiniones y sugerencias durante la realización de este trabajo, amigos y compañeros.

Con mucho cariño... Daniel

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPITULO 1. IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ASOCIADAS CON EL CULTIVO DE AGUACATE (LAURACEAE) EN MORELOS, MÉXICO	4
1.1. RESUMEN.....	4
1.2. ABSTRACT.....	5
1.3. INTRODUCCIÓN.....	6
1.4. MATERIALES Y MÉTODO.....	8
1.4.1. Localización del área de estudio.....	8
1.4.2. Colecta de muestras.....	9
1.4.3. Análisis morfológico.....	9
1.4.4. Análisis molecular.....	10
1.5. RESULTADOS.....	11
1.5.1. <i>Tetraleurodes perseae</i> Nakahara (Aleyrodinae).....	12
1.5.2. <i>Paraleyrodes minei</i> Iaccarino (Aleurodicinae).....	14
1.5.3. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood) (Aleyrodinae).....	16
1.5.4. Análisis molecular.....	18
1.6. DISCUSIÓN.....	21
1.7. REFERENCIAS CITADAS.....	25

CAPITULO 2. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE <i>Tetraleurodes perseae</i> NAKAHARA (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN AGUACATE (LAURACEAE) DE MORELOS, MÉXICO	30
2.1. RESUMEN.....	30
2.2. ABSTRACT.....	31
2.3. INTRODUCCIÓN.....	32
2.4. MATERIALES Y MÉTODO.....	33
2.4.1. Localización del área de estudio.....	33
2.4.2. Identificación de la especie.....	34
2.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional.....	34
2.4.4. Variables ambientales.....	34
2.4.5. Análisis estadístico.....	35
2.5. RESULTADOS.....	35
2.5.1. Abundancia y fluctuación poblacional.....	35
2.5.2. Generaciones obtenidas con el cálculo de UC.....	41
2.5.3. Modelo Poisson para análisis de correlación.....	41
2.6. DISCUSIÓN.....	44
2.7. AGRADECIMIENTOS.....	46
2.8. REFERENCIAS CITADAS.....	46

CAPITULO III. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE <i>Paraleyrodes minei</i> IACCARINO (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN AGUACATE (LAURACEAE) DE MORELOS, MÉXICO	49
3.1. RESUMEN.....	49
3.2. ABSTRACT.....	50
3.3. INTRODUCCIÓN.....	51
3.4. MATERIALES Y MÉTODO.....	52
3.4.1. Localización del área de estudio.....	52

3.4.2. Identificación de la especie.....	52
3.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional.....	53
3.4.4. Variables ambientales.....	53
3.4.5. Análisis estadístico.....	53
3.5. RESULTADOS.....	54
3.5.1. Abundancia y fluctuación poblacional.....	54
3.5.2. Generaciones obtenidas con el cálculo de UC.....	59
3.5.3. Modelo Poisson para análisis de correlación.....	59
3.6. DISCUSIÓN.....	61
3.7. AGRADECIMIENTOS.....	64
3.8. REFERENCIAS CITADAS.....	64
CONCLUSIONES GENERALES.....	67
REFERENCIAS CITADAS.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1. Parámetros estimados con el modelo de Poisson en el muestreo de <i>T. perseae</i> para el número de adultos contabilizados en trampas amarillas, adultos y ninfas en hojas, en tres huertos de aguacate “Hass” en Morelos, México.....	43
Cuadro 3. 1. Parámetros estimados con el modelo de Poisson en el muestreo de <i>P. minei</i> para el número de adultos y ninfas en hojas, en dos huertos de aguacate “Hass” en Morelos, México...	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de los huertos de aguacate. A) Tlayacapan; B) Tlalnepantla “B” y C) Tlalnepantla “A”.....	9
Figura 1. 2. <i>Tetraleurodes perseae</i> Nakahara. A) Huevo; B) Ninfa de 3er ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfa de 3er ínstar con exuvias dorsales del 1er y 2do ínstar; E) Adultos: hembra (der), machos (izq); F) Lín-gula de la ninfa de 4to ínstar y G) Exuvia de ninfa de 4to ínstar.....	13
Figura 1. 3. <i>Paraleyrodes minei</i> laccarino. A) Huevo; B) Ninfa de 2do ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfa de 3er ínstar; E) Ninfa de 4to ínstar; F) Lín-gula de la ninfa de 4to ínstar y G) adulto.....	15
Figura 1. 4. <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood). A) Huevos; B) Ninfas de 1ro y 2do ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfas de 4to ínstar; E) Adulto; F) Lín-gula de la ninfa de 4to ínstar y G) Poro lateral.....	17
Figura 1. 5. Amplificación por PCR del ADN de las tres especies de mosca blanca, con un tamaño de banda de 700 pb. MM: marcador molecular; (-): negativo = agua grado molecular; (+): positivo = ADN de <i>Bactericera cockerelli</i> ; Tv: <i>T. vaporariorum</i> ; Pm: <i>P. minei</i> y Tp: <i>T. perseae</i>	18
Figura 1. 6. Reconstrucción filogenética de una fracción de la región COI de <i>Tetraleurodes perseae</i> , <i>Paraleyrodes minei</i> y <i>Trialeurodes</i>	

<i>vaporariorum</i> , por el método máxima verosimilitud con 1000 repeticiones de bootstrap.....	21
Figura 2. 1. Fluctuación poblacional de <i>T. perseae</i> , brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlayacapan (1736 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.....	38
Figura 2. 2. Fluctuación poblacional de <i>T. perseae</i> , brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla B (1934 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.....	39
Figura 2. 3. Fluctuación poblacional de <i>T. perseae</i> , brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla A (2230 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.....	40
Figura 3. 1. Fluctuación poblacional de <i>P. minei</i> y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlayacapan (1736 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa.....	56

Figura 3. 2. Fluctuación poblacional de *P. minei* y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla B (1934 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa..... 57

Figura 3. 3. Fluctuación poblacional de *P. minei* y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla A (2230 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa..... 58

INTRODUCCIÓN GENERAL

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un miembro de la antigua y numerosa familia vegetal de las Lauráceas, la cual comprende poco más de 50 géneros, entre los que se encuentra *Persea* (Sánchez, 1999).

El género *Persea* tiene un número desconocido de especies (Bergh, 1992), algunos autores aseguran que son 80 las reconocidas como válidas (Storey *et al.*, 1986; Zentmyer, 1991). El género está constituido por dos subgéneros, uno de ellos, *Persea*, contiene pocas especies estrechamente relacionadas entre sí, incluyendo a *P. americana*, el aguacate comercial (Sánchez, 1999).

El aguacate se clasifica en tres razas: la Mexicana, la Guatemalense y la de las Indias-Occidentales. Con las mismas condiciones ambientales se observan diferencias en los cultivos de las tres razas. En los climas subtropicales, los árboles mexicanos comienzan a florecer a finales del otoño y principios del invierno y extenderse hasta la primavera (Davenport, 1986; Gazit y Degani, 2002). La temporada de floración dura aproximadamente dos meses; sin embargo, en temperaturas templadas el periodo se reduce y en temperaturas frías se prolonga (Bergh, 1977; Sedgley, 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.*, 2000). 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).

Actualmente, la superficie destinada para el cultivo del aguacate es de 348, 769 ha, con una producción anual de 2 583, 226 t al año. El rendimiento promedio por ha es 7.40 t. Los principales países productores en el mundo son: México con una producción del 36.8%, Estados Unidos con 7.93%, Colombia con 5.56%, Indonesia con 5.03%, República Dominicana con 4.30%, Chile con 4.26%, Brasil con 3.45%, Israel con 3.32%

y un total de 49 países los cuales, en conjunto concentran un porcentaje de producción del 29.35% (Dorantes *et al.*, 2004).

México es el principal productor de aguacate a nivel mundial. Algunos países pueden competir en términos de calidad, como es el caso de Chile, España, Israel, Sudáfrica y República Dominicana. Sin embargo, todavía ningún país puede competir con México en términos de cantidad (Dorantes *et al.*, 2004).

En México, en el año 2014 el estado con mayor superficie destinada a la producción de aguacate fue Michoacán con 127, 084.07 ha sembradas, de las cuales 118, 606.98 ha se cosecharon, con un rendimiento aproximado de 10.28 t · ha. Morelos, el estado en el cual se realizó la presente investigación, ocupa el sexto lugar en términos de superficie destinada a la producción de aguacate con 3, 763 ha sembradas, de las cuales 3, 405.50 ha se cosecharon con un rendimiento aproximado de 8. 12 t · ha (SIAP, 2016).

El cultivo del aguacate presenta diversos problemas fitosanitarios. A nivel mundial se han registrado más de 116 especies de insectos y ácaros, 7 nematodos y más de 20 enfermedades que pueden llegar a limitar la producción (Londoño, 2005).

Entre las especies de insectos plaga destaca la mosca blanca. El complejo de especies de moscas blancas, es considerado uno de los mayores grupos de plagas que se presentan en un amplio rango de cultivos en el mundo, causando considerables pérdidas económicas. Están reportadas más de 1, 200 especies de moscas blancas, mencionadas por BinkMuenen y Mound (1990). Se trata de un grupo de especies polífagas de hábito chupador, de difícil control, ya que este insecto plaga tiene como hospedantes tanto plantas cultivadas como no cultivadas.

El estudio de insectos plaga presentes en el cultivo de aguacate se ha enfocado a las plagas que atacan directamente los frutos (como barrenadores) o en aquellos que se alimentan defoliando las ramas del cultivo (lepidópteros principalmente) y se ha pasado a segundo término aquellas especies que por su tamaño o tipo de daño no son

consideradas en los sistemas de producción. Sin embargo, este grupo de insectos en los últimos años, está tomando un lugar importante en los programas de manejo del cultivo de aguacate. Este grupo de insectos está conformado principalmente por aquellos que se alimentan de la savia en el follaje de los árboles, entre los que se puede mencionar a los ácaros, psílidos, chicharritas, periquitos y moscas blancas. El estudio de estos insectos se retrasado debido a que sus daños están directamente relacionados con su nivel de infestación, aunque en la actualidad han cobrado importancia por los daños, sobre todo indirectos, que producen al cultivo de aguacate.

La mosca blanca es una plaga poco estudiada ya que se desconoce su potencial de daño en el cultivo; sin embargo, en la actualidad es muy común encontrarla en las huertas, donde representan un problema potencial debido a su hábito alimenticio (succión de savia) y a las altas densidades poblacionales que puede alcanzar.

En ese sentido, el objetivo de la presente investigación fue identificar morfológica y molecularmente las especies de mosca blanca asociadas con el cultivo del aguacate, así como determinar su distribución altitudinal y su fluctuación poblacional con respecto a las etapas fenológicas del cultivo y con ello determinar las etapas del cultivo o épocas del año en que representan un potencial problema fitosanitario.

El Capítulo 1 de la presente tesis, aborda la identificación de las especies que se encontraron asociadas con el cultivo de aguacate en dos municipios del estado de Morelos, ubicadas a diferente gradiente altitudinal. Asimismo, se incluye el análisis molecular de los ejemplares de cada especie y la comparación que se hizo con la base de datos del GenBank, National Center for Biotechnology Information (NCBI).

En el Capítulo 2 se presenta el estudio de distribución, fluctuación poblacional y determinación de las generaciones potencial por año para la mosca blanca *Tetraleurodes perseae*. Mientras que el Capítulo 3 aborda un estudio similar al antes referido pero, para la especie *Paraleyrodes minei*.

CAPITULO I

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DE MOSCAS BLANCAS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ASOCIADAS CON EL CULTIVO DE AGUACATE (LAURACEAE) EN MORELOS, MÉXICO.

1.1. RESUMEN

El estudio de las plagas en el cultivo de aguacate es importante para asegurar la producción y sanidad de los productos. Las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) son consideradas una plaga secundaria en este cultivo; sin embargo, su presencia se relaciona con una reducción del vigor de los árboles y afectaciones en el rendimiento de los mismos. En el presente trabajo se hizo la identificación de tres especies de mosca blanca asociadas con el cultivo. Los ejemplares fueron colectados en tres huertos en el estado de Morelos, en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015, situados en diferentes altitudes. El primer huerto “Tlayacapan”, municipio de Tlayacapan (1736 msnm). El segundo huerto “Tlalnepantla B” en el municipio de Tlalnepantla (1934 msnm). El tercer huerto “Tlalnepantla A” ubicado también en el municipio de Tlalnepantla (2230 msnm). Se hicieron montajes de ninfas de IV instar en bálsamo de Canadá. La identificación morfológica se hizo con base en las ilustraciones de Carapia *et al.* (2003), Iaccarino *et al.* (2011) y Hodges & Evans (2005), y fueron corroboradas por el especialista del grupo taxonómico Aleyrodidae, Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz. Se hizo un análisis molecular usando el gen COI. Con las secuencias obtenidas, editadas y ensambladas, se hizo la comparación en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI). Se identificaron las especies *Tetraleurodes perseae* Nakahara, *Paraleyrodes minei* Iaccarino y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), las primeras dos se colectaron en el cultivo de aguacate y la tercera en malezas asociadas a dicho cultivo. Para *P. minei* se tuvo una similitud del 98% con un registro para la subfamilia Aleurodicinae y del 82% con la especie *Paraleyrodes bondari*. En el caso de *T. vaporariorum* se encontró una similitud del 96% con 13 registros previos para la misma especie.

Palabras clave: plagas del aguacate, Aleyrodidae, Aleyrodicinae, Aleyrodinae, análisis molecular.

1.2. ABSTRACT

The study of avocado pests is important to ensure production and product sanity. Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) are considered a secondary pest of this crop; however, their presence is related with a decrease in tree vigor and affectations in crop yield. In the present research work, three whitefly species associated with the crop were identified. The specimens were collected in three orchards in Morelos State, from February 2014 to April 2015, located at different altitudes. The first orchard, "Tlayacapan", is located in the municipality of Tlayacapan (1736 masl); the second orchard, "Tlalnepantla B", is located in the municipality of Tlalnepantla (1934 masl); the third orchard, "Tlalnepantla A", is also located in the municipality of Tlalnepantla (2230 masl). Nymphs in the IV instar were mounted in Canada balsam. The morphological identification was done based on the illustrations by Carapia *et al.* (2003), Iaccarino *et al.* (2011), and Hodges & Evans (2005), and corroborated by the specialist in the Aleyrodidae taxonomic group, Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz. A molecular analysis was done using the COI gene. With the sequences obtained, edited, and assembled, the comparison was done against the database of the National Center for Biotechnology Information (NCBI). The following species were identified: *Tetraleurodes perseae* Nakahara, *Paraleyrodes minei* Iaccarino, and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). The first two were collected from the avocado trees and the third was collected from weeds associated with avocado orchards. *P. minei* had a 98% similitude with one registry for the Aleurodicinae subfamily and 82% with the species *Paraleyrodes bondari*. In the case of *T. vaporariorum*, a 96% similitude was found with 13 previous registries for this species.

Key words: avocado pests, Aleyrodidae, Aleyrodicinae, Aleyrodinae, molecular analysis.

1.3. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de aguacate, el control de plagas y enfermedades es una actividad fundamental para la obtención de los resultados deseados; por ello, el hecho de conocer las plagas es uno de los primeros pasos a seguir. Entre las principales plagas del aguacate se encuentran los insectos chupadores, barrenadores de hueso y ramas, también perforadores de frutos y semillas y algunos lepidópteros defoliadores (Bernal y Díaz, 2005).

Waite y Martínez (2002) reportaron 108 especies, entre insectos y ácaros, presentes en las principales regiones productoras de aguacate en el mundo. Con respecto a las plagas insectiles, los órdenes de mayor importancia son Tysanoptera, Hemiptera, Lepidoptera y Diptera.

Según González *et al.* (2000) las moscas blancas se consideran plagas secundarias dentro del cultivo, dado que su presencia puede ser solo ocasional o sus niveles no alcanzan los niveles necesarios para ser consideradas de importancia; sin embargo, su presencia puede disminuir el vigor de los árboles y afectar la producción.

Algunas de las especies de mosca blanca que han sido reportadas previamente en el cultivo son *Aleurodicus cardini* (Back) en Cuba, en donde es reconocida como plaga importante para el cultivo. En Israel, la especie *Parabemisia myricae* (Kuwana), fue descubierta en 1978, causando fuertes daños en aguacate y cítricos (Sternlicht, 1979). Recientemente, *Tetraleurodes perseae* fue encontrada en plantaciones de aguacate en el mismo país (Swirski *et al.* 2002; Wysoki *et al.*, 2003).

En California, EE.UU., se reportan cinco especies de Aleyrodidae, atacando al aguacate *Aleurodicus duguessii* Cockerel, *Trialeurodes vaporariorum*, *Tetraleurodes morii* (Quaintance), *Paraleyrodes minei* laccarino y *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Hoddle y Soliman, 2001).

La mosca blanca de bandas rojas *T. perseae* se descubrió por primera vez en San Diego, California (EE.UU.) en 1982, pero fue descrita en 1995 (Nakahara, 1995). Se cree que esta especie es originaria de América Latina. En 2001, se detectó la presencia de *T. perseae* en Israel, y se supone que se introdujo a California en material de siembra de aguacate introducido ilegalmente. Su presencia también se documentó en 2002 en el Líbano (Swirski *et al.* 2002). Además, se tienen reportes de su presencia en Centro América, México, Florida EE. UU. y el Caribe (Nakahara, 1995).

T. perseae se considera una plaga menor; sin embargo, puede alcanzar densidades muy altas entre otoño y primavera, cuando la planta produce hojas nuevas, ideales para la ovipostura de los adultos. La alimentación de los adultos puede deformar las hojas inmaduras y la mielecilla producida por la plaga origina fumagina (Hoddle, 2008).

P. minei fue descrita por primera vez en 1989 en las hojas de *Citrus aurantium* colectadas de la región costera de Siria (Iaccarino, 1989). En la cuenca mediterránea, *P. minei* se ha reportado en varios países productores de cítricos. Sin embargo, se considera que esta especie es originaria de América en donde se considera como polífaga, toda vez que se puede encontrar en plantas de distintas familias botánicas como: Annonaceae, Apocynaceae, Araceae, Arecaceae, Asteraceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Polygonaceae, Rhizophoraceae, Rubiaceae y Rutaceae. En particular, se sabe que *P. minei* puede atacar al aguacate (*Persea americana*), coco (*Cocos nucifera*), guayaba (*Psidium guajava*), y especies de plantas ornamentales (por ejemplo, *Anthurium*, *Chamaedorea*, *Syngonium*) (Bellows *et al.* 1998; García *et al.* 1992; Ghahari *et al.* 2009; Iaccarino, 1989; Kfoury *et al.* 2003; Ulusoy *et al.* 1996).

En relación a *Trialeurodes*, es un género básicamente de América y se tienen reportes de un total de 62 especies a nivel mundial (Mound y Halsey, 1978; Rapisarda, 1985; Russell, 1993; Martín, 1987; Martín y Camus, 2001). La especie *Trialeurodes vaporariorum* se considera polífaga, dado que se ha reportado atacando plantas en 82 familias. Es originaria de América tropical o subtropical (Mound y Halsey, 1978), pero actualmente está distribuida en todos los continentes excepto la Antártida (Gao *et al.*

2014). Su presencia se ve favorecida por condiciones climáticas apropiadas, junto con la abundancia de especies de cultivos y malezas hospederas, lo que promueven los brotes de esta plaga (Wintermantel, 2004).

Las moscas blancas son una plaga poco estudiada en el cultivo de aguacate ya que se desconoce su potencial de daño en el cultivo; sin embargo, en la actualidad es muy común encontrarla en las huertas, donde representan un problema potencial debido a su hábito alimenticio (succión de savia) y a las altas densidades poblacionales que puede alcanzar. El presente trabajo de investigación, tuvo el objetivo de hacer la identificación de las especies de mosca blanca asociadas con cultivo de aguacate en el estado de Morelos, dado que hay discrepancias en este aspecto, y con ello ampliar la información referente a este potencial problema fitosanitario del aguacate.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres huertos en el estado de Morelos en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015, situados a diferentes altitudes. El primer huerto "Tlayacapan" ubicado en la comunidad de Tlayacapan, municipio de Tlayacapan (N 18 ° 58' 44.03" W 98° 59' 32.44") es representativo de un gradiente altitudinal bajo (1736 msnm). El segundo huerto "Tlalnepantla B" en el municipio de Tlalnepantla (N 19° 00' 08.78" W 98°59' 26.72"), es representativo de un gradiente altitudinal medio (1934 msnm). El tercer huerto "Tlalnepantla A" ubicado también en el municipio de Tlalnepantla (N 19 ° 01' 08.54" W 98° 59' 53.63") es representativo del mayor gradiente altitudinal (2230 msnm). Los huertos utilizados para el muestreo tenían una edad promedio de 10 años de edad, los árboles eran de la variedad 'Hass' y estaban en edad productiva. En la Figura 1 se muestran los sitios de colecta; los datos georreferenciados se obtuvieron con un GPS marca *etrex* Legend Garmin®.

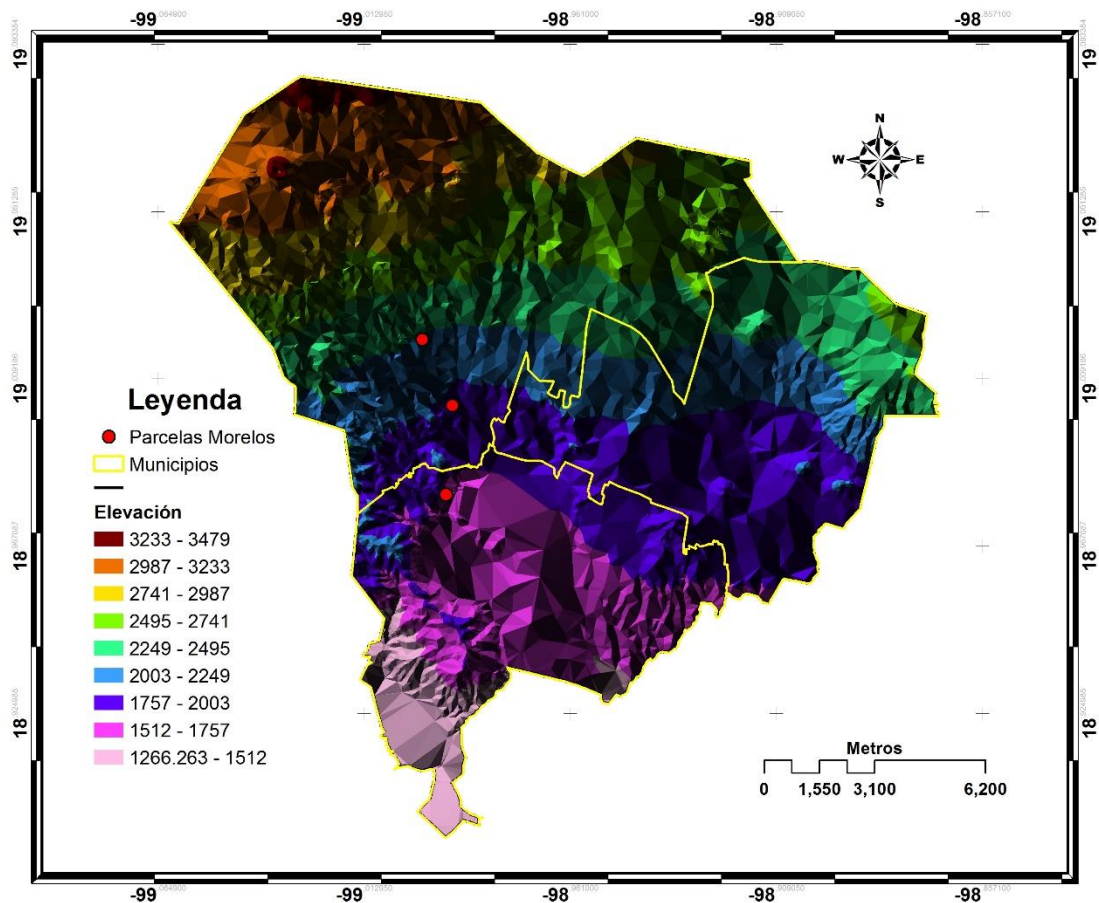


Figura 1.1. Ubicación de los huertos de aguacate. A) Tlayacapan; B) Tlalnepantla “B” y C) Tlalnepantla “A”.

1.4.2. Colecta de muestras

Se colectaron ejemplares en cada uno de los huertos en estudio. A través de un método aleatorio, en cada huerto se colectaron ninfas de cuarto instar y adultos, éstos se colocaron en frascos de vidrio de 10 mL con alcohol al 70%. Las muestras, debidamente etiquetadas, se trasladaron para su posterior procesamiento al Laboratorio de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

1.4.3. Análisis morfológico

En la identificación morfológica de los ejemplares de la familia Aleyrodidae usualmente se utilizan como determinantes distintas estructuras presentes en las ninfas de IV instar;

para ello, se procedió a realizar montajes de dichos estados de desarrollo con la metodología propuesta por Palacios *et al.*, (2008). Las ninfas se maceraron en hidróxido de potasio (KOH) al 10%, a 80°C, durante 10 minutos. Después de un doble lavado con agua acidulada al 1% (1% de ácido acético) se colocaron en alcohol al 70%. Para las preparaciones, las ninfas se deshidrataron paulatinamente con alcoholes al 80%, 90% y 100% para luego aclararlos en xilol y montarlos en bálsamo de Canadá. Las preparaciones se realizaron utilizando un microscopio estereoscopio American Optical Mod. 570, mientras que las observaciones y fotografías se hicieron con un Fotomicroscopio III de Carl Zeiss® con una cámara digital para microscopía PaxCam 3®.

La identificación morfológica de los ejemplares se realizó utilizando las ilustraciones de Carapia *et al.*, (2003), Iaccarino *et al.*, (2011) y Hodges y Evans (2005), se hizo comparación de ejemplares con la Colección de Aleyrodidae y corroboración de las especies por el especialista del grupo taxonómico Aleyrodidae, Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. El resto de los ejemplares se depositaron en la colección entomológica del Área de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

1.4.4. Análisis molecular

Para la extracción de ADN, se colocaron 20 insectos adultos de cada especie en un tubo de 1.5 mL, se utilizó el método de extracción descrito por Rojas *et al.*, 2016.

La amplificación se realizó mediante PCR, se usaron oligonucleótidos universales que amplifican la región citocromo oxidasa subunidad I (CO-I) LCO1490 5'- GGT CCA ATC ATA AAG ATA TGG G -3' y HCO2198 5'- TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA -3' (Hebert *et al.*, 2003). La reacción de PCR se realizó con las siguientes condiciones: se utilizó un volumen total de 20µL de reacción, que contenía 2 µL de ADN (100 ng/µL), 2 µL de buffer (5x), 1.0 µL de MgCL₂ (25 mM), 0.5 µL de dNTP's (10 mM), 1.0 µL de oligonucleótido LCO1490 (10 µM), 1.0 µL de oligonucleótido HCO2198 (10 µM), 0.3 µL de ADN Polimerasa Promega® (5U/µL) y se ajustó el volumen con agua para PCR.

La amplificación se realizó con el siguiente programa: una desnaturalización inicial de 94 °C durante 4 minutos, seguido de 35 ciclos de 1 min de desnaturalización a 94 °C, 90 segundos de alineamiento a 62 °C y 1 min de extensión a 72 °C, con una extensión final de 5 min a 72 °C, para terminar el programa a 10 °C.

En la PCR se incluyó un control negativo (agua para PCR) y un testigo positivo (ADN del psílido *Bactericera cockerelli*). Se realizó una electroforesis para observar los productos amplificados en un gel de agarosa al 1% en buffer TAE 1x y teñido con bromuro de etidio (10mg/μL) para visualizar las amplificaciones con luz UV en un transiluminador.

Para la secuenciación en ambos sentidos (Forward y reverse), los productos amplificados se enviaron a la compañía MacroGen Inc. en Corea del Sur. Las secuencias obtenidas fueron editadas y ensambladas con el programa BioEdit Sequence Alignment Editor 7.2.5 (Hall, 1999) para realizar la comparación en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI).

1.5. RESULTADOS

Las especies colectadas en los muestreos de campo fueron identificadas como *Tetraleurodes perseae* Nakahara, *Paraleyrodos minei* Iaccarino y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae).

Dos de las especies pertenecen a la subfamilia Aleyrodinae, la cual se caracteriza por presentar pupas con ausencia de poros compuestos, patas torácicas sin uña. Lígula generalmente corta, que no se extiende más allá del orificio vasiforme y con sólo un par de setas en el ápice (Hodges y Evans, 2005).

La tercera especie pertenece a la subfamilia Aleurodicinae, cuyas características más distintivas según lo reportado por Hodges y Evans (2005) son: puparios con poros compuestos (excepto en *Dialeurodicus*); patas torácicas cada una con una garra. La lígula muy larga, por lo general se extiende más allá del orificio vasiforme y con 2 pares de setas en el ápice

1.5.1. *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Aleyrodinae)

Los autores Hodges y Evans (2005) indican que los miembros de este género se caracterizan por presentar las particularidades siguientes (Figura 1.2): dorso sin glándulas alargadas o sifones. Son especies que no tienen a los pastos como hospedantes; su cuerpo generalmente es de ovalado a redondeado, nunca alargado; sin filas de setas submarginales ni papilas marginales. Muesca traqueal o poro ausente; por el contrario, el surco caudal puede estar presente o ausente. Cuando el surco submarginal está presente, el subdorso no presenta hilera de papilas; el cuerpo por lo general de color marrón oscuro a negro (Figura 1.2.C). El orificio vasiforme no nace de un proceso bifurcado, la cresta caudal y el surco son poco desarrollados; la zona superior del orificio vasiforme no es trilobada. El submargen sin fila de pequeños procesos, en forma de dientes cónicos. El orificio vasiforme con aspecto parecido a un corazón (Figura 1.2.F).

Por su parte, Nakahara (1995) y Hoddle (2005) describen a los adultos de *T. perseae* con líneas de color marrón rojizo u oxidado en las alas de los adultos (Figura 1.2.E). Las hembras ponen huevos de color beige colocado horizontalmente sobre el envés de las hojas jóvenes del aguacate (Figura 1.2.A). Los dos primeros instares de las ninfas son de color amarillo-marrón; mientras que el tercero y cuarto instares (el cuarto comúnmente llamado pupa) son oscuros y quitinizados, con una franja de cera blanca que los rodea. En la fase de pupa, la franja de cera está muy desarrollada y se curva hacia arriba para cubrir parcialmente el margen dorsal. Una característica adicional se presenta cuando las exuvias previas se acumulan en la superficie dorsal de las larvas; presentándose de forma más común en los tres primeros instares (Figura 1.2. B y D).

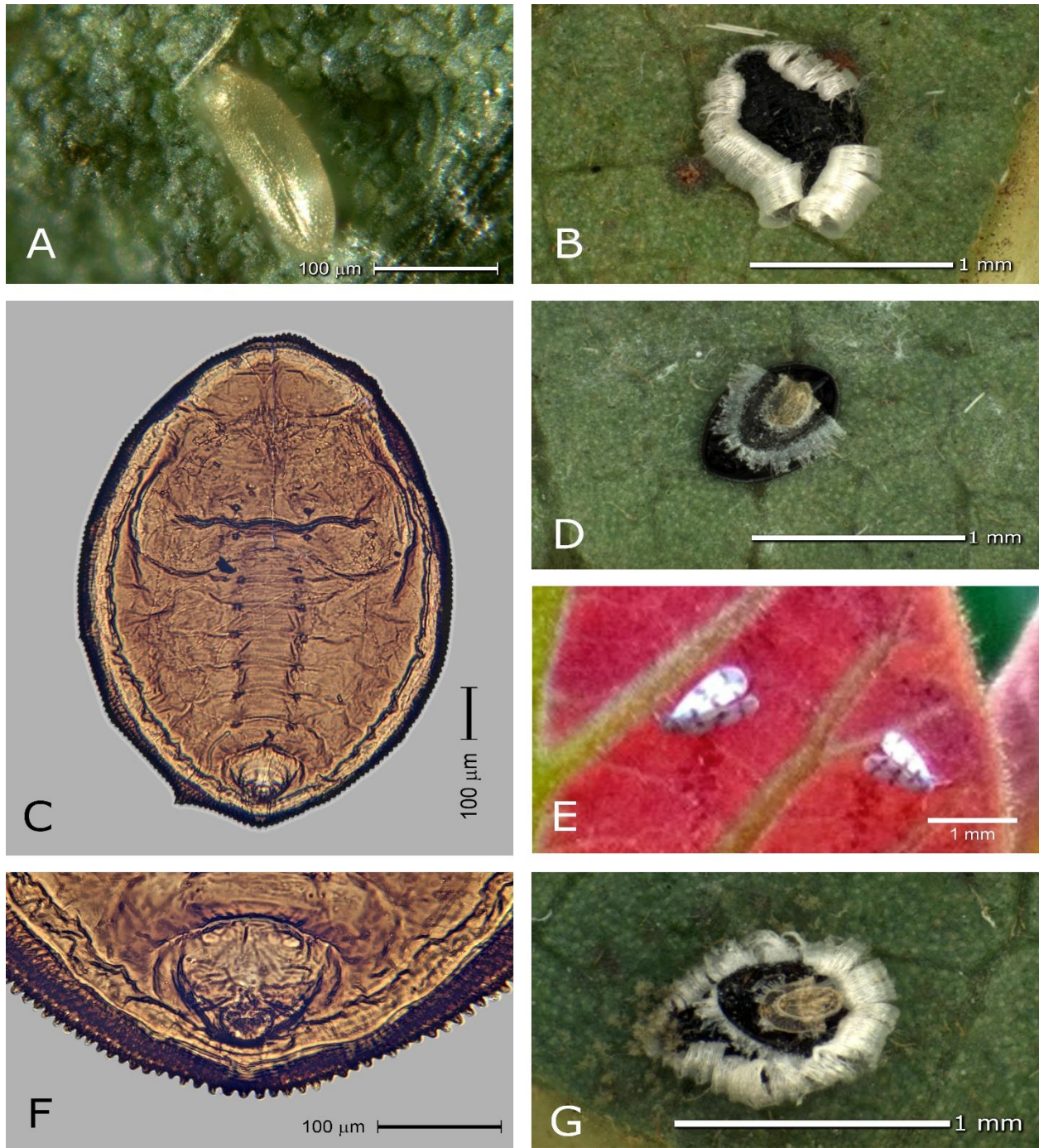


Figura 1. 2. *Tetraleurodes perseae* Nakahara. A) Huevo; B) Ninfa de 3er ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfa de 3er ínstar con exuvias dorsales del 1er y 2do ínstar; E) Adultos: hembra (der), machos (izq); F) Lín-gula de la ninfa de 4to ínstar y G) Exuvia de ninfa de 4to ínstar.

1.5.2. *Paraleyrodes minei* laccarino (Aleurodicinae)

En las pupas de esta especie son muy evidentes los poros compuestos (Figura 1.3.C), el disco dorsal tiene poros individuales (Figura 1.3.F); los procesos centrales son cónicos; la llingula con forma de espátula y más larga que el orificio vasiforme (Figura 1.3.F); setas submedias cefalotorácicas presentes. Los poros compuestos con una serie de procesos de tipo varilla en un anillo (Figura 1.3.F); los poros del disco dorsal con sencilas, algunas veces presentes en racimos submedios en los segmentos abdominales III-IV; con cuatro pares de poros cefálicos y posteriores de tamaño similar, con 2-3 pares anteriores más pequeños; adulto sin vena radial ramificada en el ala anterior y 3 (macho) o 4 (hembra) segmentos antenales (Hodges y Evans, 2005).

Ripa *et al.*, 2008, señalan algunos caracteres biológicos que pueden ayudar a su identificación, entre ellos indican que los adultos tienen las alas y el cuerpo recubiertos por una sustancia cerosa blanca, presentan dos pares de alas ovaladas y anchas (Figura 1.3.G). Desde el ápice de la cabeza hasta el extremo del ala mide 1.4 mm. El huevo está unido a la hoja mediante un fino pedicelo y se puede distinguir pequeñas manchas rojizas en su interior (Figura 1.3.A). Las ninfas de tercer instar poseen siete pares de largos filamentos de cera más rígidos, de alrededor de 6 a 8 veces el largo del cuerpo de la ninfa (Figura 1.3.D). Una particularidad de *P. minei* es que las hembras forman secreciones cerosas circulares (nidos) en las que ponen huevos.

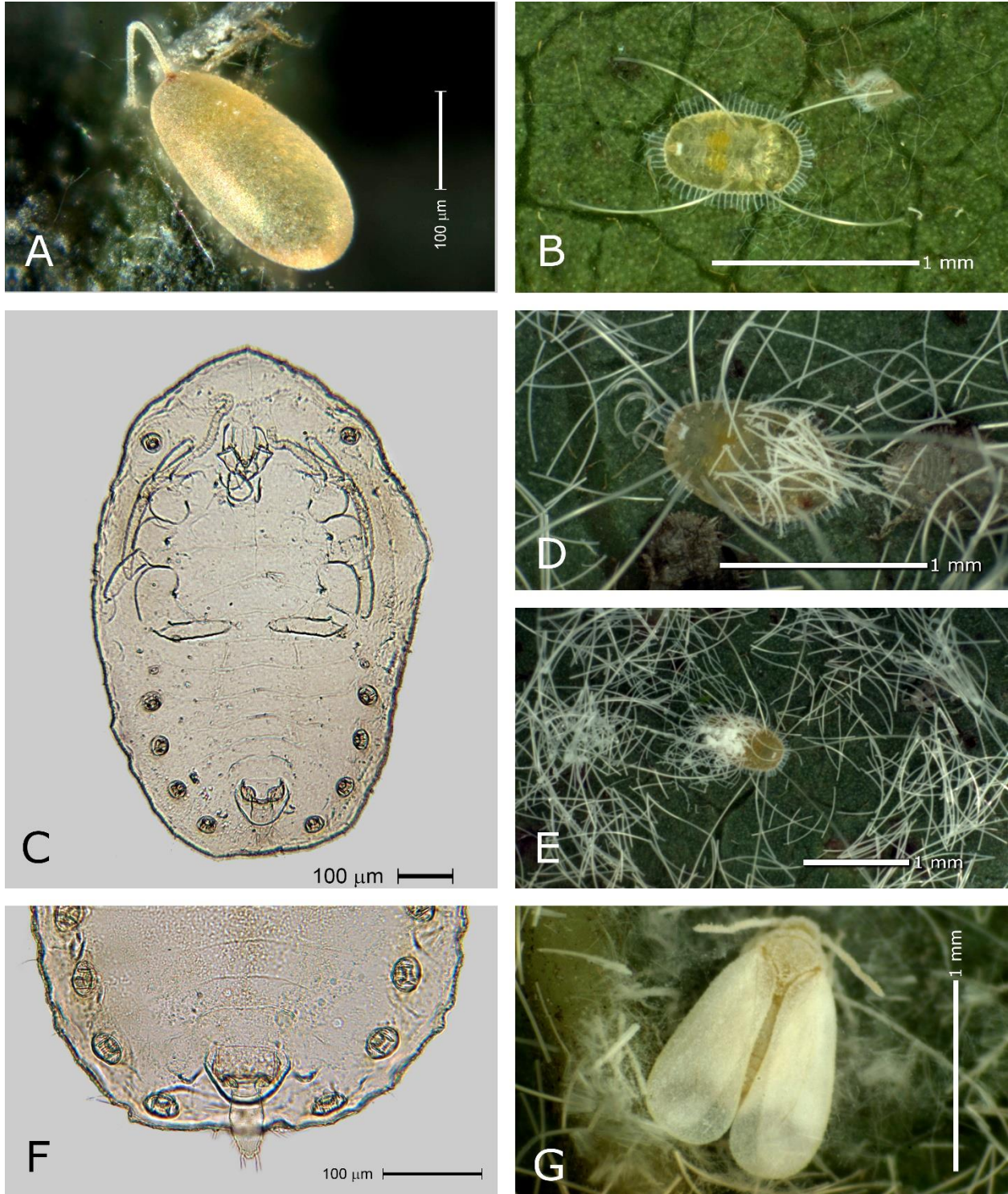


Figura 1. 3. *Paraleyrodes minei* laccharino. A) Huevo; B) Ninfa de 2do ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfa de 3er ínstar; E) Ninfa de 4to ínstar; F) Lín-gula de la ninfa de 4to ínstar y G) adulto.

1.5.3. *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Aleyrodinae)

Según Hodges y Evans (2005) esta especie, al igual que *T. perseae* presenta un dorso sin glándulas alargadas o sifones. No tienen a los pastos como hospedantes y su cuerpo generalmente es de ovalado a redondeado, nunca alargado; sin embargo, y a diferencia de la primera, presenta filas de setas submarginales al igual que papilas marginales (Figura 1.4.C). Las papilas en el disco dorsal con sencilas (por lo general cónica) o ausente; área traqueal del poro con dientes marginales ligeramente diferenciadas. No presenta muesca traqueal; el orificio vasiforme generalmente subtriangular; el opérculo llena parcialmente el orificio; línigula lobulada, expuesta u oculta (Figura 1.4.F).

Algunos aspectos morfológicos de los adultos es que poseen el cuerpo, patas y antenas color amarillo, cubiertos de cera color blanco, miden entre 1.5 a 3.0 mm de largo (Figura 1.4.E). Las hembras suelen ser de mayor tamaño que los machos. En las antenas, el tercer segmento es de igual longitud que el cuarto y quinto segmentos juntos. Respecto a los huevos, tienen forma oval y alargada, su extremo posterior termina en una punta, con un fino pedicelo que los fija a la hoja (Figura 1.4.A). Recién depositados su coloración es blanco amarillenta, luego cambian a color gris, y se encuentran en el envés de las hojas. Su desarrollo pasa por cuatro estados ninfales. La ninfa IV tiene forma elíptica, provista de una serie de papilas cónicas submarginales en ambas caras del cuerpo (Figura 1.4. C y D) (Ripa *et al.*, 2008).

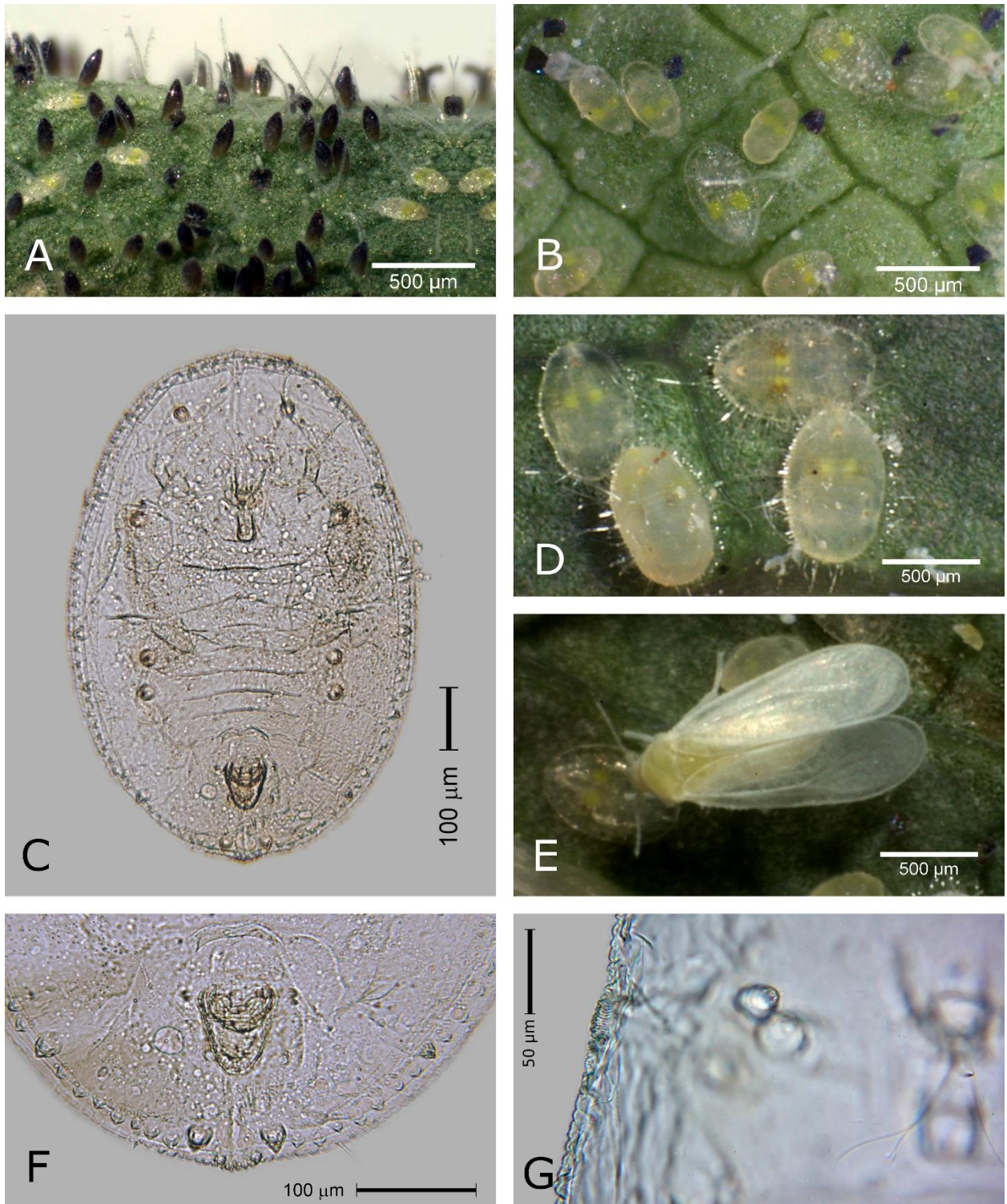


Figura 1. 4. *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). A) Huevos; B) Ninfas de 1ro y 2do ínstar; C) Montaje de ninfa de 4to ínstar cuerpo completo; D) Ninfas de 4to ínstar; E) Adulto; F) Lábula de la ninfa de 4to ínstar y G) Poro lateral.

1.5.4. Análisis molecular

Para las tres especies de mosca blanca se realizó la extracción de ADN y se amplificó la región citocromo oxidasa subunidad I (CO-I).

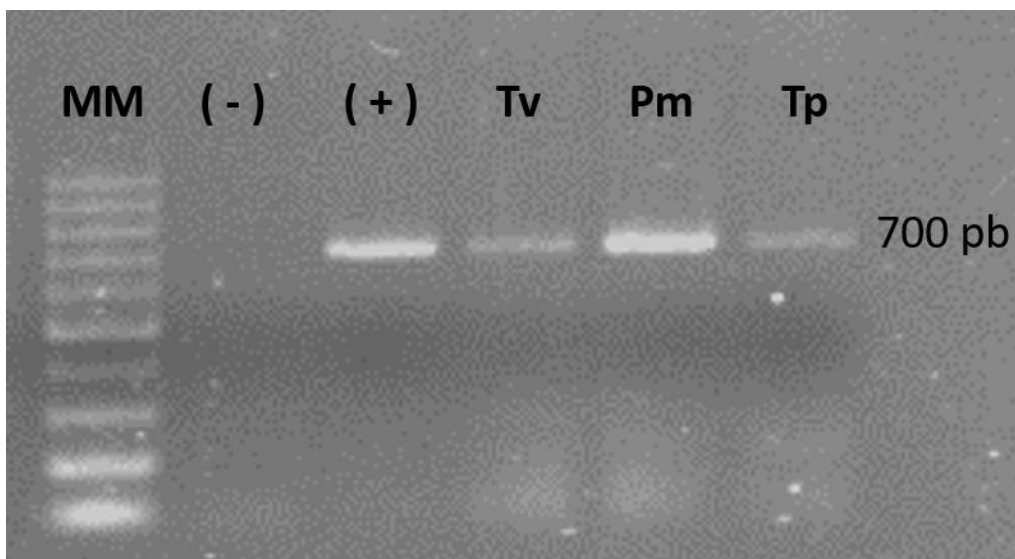


Figura 1. 5. Amplificación por PCR del ADN de las tres especies de mosca blanca, con un tamaño de banda de 700 pb. MM: marcador molecular; (-): negativo = agua grado molecular; (+): positivo = ADN de *Bactericera cockerelli*; Tv: *T. vaporariorum*; Pm: *P. minei* y Tp: *T. perseae*.

Para *T. perseae* se obtuvo la siguiente secuencia de nucleótidos:

```
TTTGAAGAGGTCTTTTAGGATCTTCAATGAGTTTACTGATTCGTTTAGAATTAAGAAA  
TTTAGGTTCTTTTTTTTTGAATGAGCAGGTTTATAATGTATTGGTTACTTCTCATGCT  
TTTTTAATGATTTTTTTTTATAACTATGCCTTTAGTGATTGGTGGATTTGGGAAGTAT  
TAGTTCCTTTAATATTGGGGGCGCCTGATATAGCGTTTCCTCGATTAAATAATTTAA  
GGTTTTGGTTGTTAGTTCATCTTTGATATTTTTATTTTTAAGTATGTTAATTGGATTG  
GGGGCAGGTAAGTGGTTGAACAGTTTACCCTCCTTTGTCTAATTCTTTGTTTCATAGC  
AATAATTCTGTTGATTTTGTATTGTTGTCCTTACATATTGCTGGCATTCTTTCAATTTT  
AGGTAGAATAAATTTTATTACAACATTTTTAATATGCGATTAATGGGTATAAAGTTA  
GAAAATATAAGATTGTTTGTGTTGATCGGTTTTAATTACAGTTTTTTTTATTATTAATTC
```

ATTGCCTGTGTTAGCGGGAGCTATTACTATGTTATTGACAGATCGAAATTTTAATAG
AACTTTTTATGACCCTATAGGGGGAGGGGATCCTATT

Al hacer la comparación de la secuencia obtenida con la base de datos del GenBank (NCBI: National Center of Biotechnology Information) se determinó que *T. perseae* no cuenta con registro en dicha base; por lo que la mayor similitud encontrada correspondió a especies del mismo género.

Para *P. minei* se obtuvo la secuencia de nucleótidos:

TGGCACGTACTAGTTTCGATGATGAGTAGTTACAAACCCCTATAGGGTCATAAAAAG
AATCTATTAATAATTTTCGATCTGTCAATAACATAGTAATAGCTCCCGCTAACACAGGC
AATGAAAATAATAATAAAAAAACTGTAATTAACCGATCAAACAAACAATCTTATAT
TTTCTAACTTTATACCCATTAATCGCATATTAATAATAGTTGTAATAAAATTTATTCTA
CCTAAAATTGAAGAAATGCCAGCAATATGTAAGGACAAAATAACAAAATCAACAGAA
TTATTGCTATGAAACAAAGAATTAGACAAAGGAGGGTAAACTGTTCAACCAGTACCT
GCCCCCAATCCAATTAACATACTTAAAAATAAAAAATATCAAAGATGGAACATAACAAC
CAAAACCTTAAATTATTTAATCGAGGAAACGCTATATCAGGCGCCCCCAATATTA
GGAACATAATCAGTTCCCAAATCCACCAATCACTAAAGGCATAGTTATAAAAAAATC
ATTAATAAAGCATGAGAAGTAACCAATACATTATAAACCTGCTCATTCAAAAAA
GAACCTAAATTTCTTAATTCTAAACGAATCAGTAAACTCATTGAAGATCCTAAAAGA
CCTCTTCAAATTCCAAAATAAAATACAACAAACCAATATCTTTAGATTGGGGTGAA
CAAAAAGAGGGGGAGGGGGAA.

Una vez que se comparó la secuencia obtenida con la base de datos del GenBank, se determinó que *P. minei* no cuenta con registro en dicha base; por lo que la mayor similitud encontrada correspondió a 98% con un registro para la subfamilia Aleurodicinae con número de accesoión KP032214.1, la cual se hizo la amplificación de la región mitocondrial utilizada en este estudio. Además, se tuvo una similitud del 82% con la especie *Paraleyrodes bondari* con numero de accesoión KP032215.1.

Se obtuvo la siguiente secuencia de nucleótidos para *T. vaporariorum*:

```
CCGGGCACAGGGAGACGGAGACGCGCGAGTTGAGGACGGGAGTTCTCATAGGCT
TTTGACTGTTTCAGAACTGATGAATGTGGGACTTTTCCTAATTGATGGTCAAGTTTAT
AATGTTCTGGTTACTTCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTTTATGACTATGCCTCTTGT
TATTGGTGGGTTTCGGGAACTGACTGGTTCCTCTTATGGTTGGGGCTCCTGATATGG
CTTTTCCTCGAATAAACAATCTAAGATTTTGACTGTTGGTTCCTTCTTTGTTTTTTAT
GCTTGTTAGAATTTTGATTGGGGGGGAACCGGCACGGGTTGAACTGTTTATCCC
CCCCTATCTATAAGGCTGTCACATAGGGGGAATTCTGTCGATTTTTCTATTATTTCT
TTGCACGTTGCTGGAATTTCTTCTATTTTGGGATCACTTAATTTTATCGTGACTATTG
TAAACATGCGGGCGTTGGGCATAAAAATGGAGTTTTTATCTTTGTTTGTCTGATCTG
TGTTTATTACTGTTTTCTTGCTTTTAATTTCTTTCCTGTGTTGGCAGGGGCAATTAC
TATACTTTTACTGGATCGAAATTTAATAGTTCATTTTATGACCCTAGTGGTGGGGG
GGATCCAATTTTGTATCAACACTTATTTTGATTTTTTGGTCACCAAAAAGTTTAAAG
ACTTGAAAGCACACGGGGTCTAAATGAAAAGAA.
```

Como resultado de la comparación con la base de datos del GenBank (NCBI) se obtuvo una similitud del 96% con 13 registros previos, donde sobresale el número de accesión LN614547.1 el cual fue hecho con el mismo procedimiento que el de nuestro análisis.

Derivado de los resultados antes expuestos, se realizó una reconstrucción filogenética (Fig. 1.6) con 15 secuencias del NCBI de diferentes especies de *T. vaporariorum*, *Paraleyrodes* sp. y *Tetraleurodes* sp., así como con cuatro secuencias de *Bemisia tabaci* como grupo de referencia, todas las secuencias analizadas se obtuvieron de la misma región parcial del gen COI.

Las secuencias fueron ensambladas con el programa BioEdit 7.2.5 (Hall, 1999) y alineadas con Clustal W (Thompson *et al.*, 1994) con el programa de Mega 7 (Kumar *et al.*, 2016). Posteriormente se realizó el análisis filogenético por el método máxima verosimilitud con un bootstrap de 1000 repeticiones.

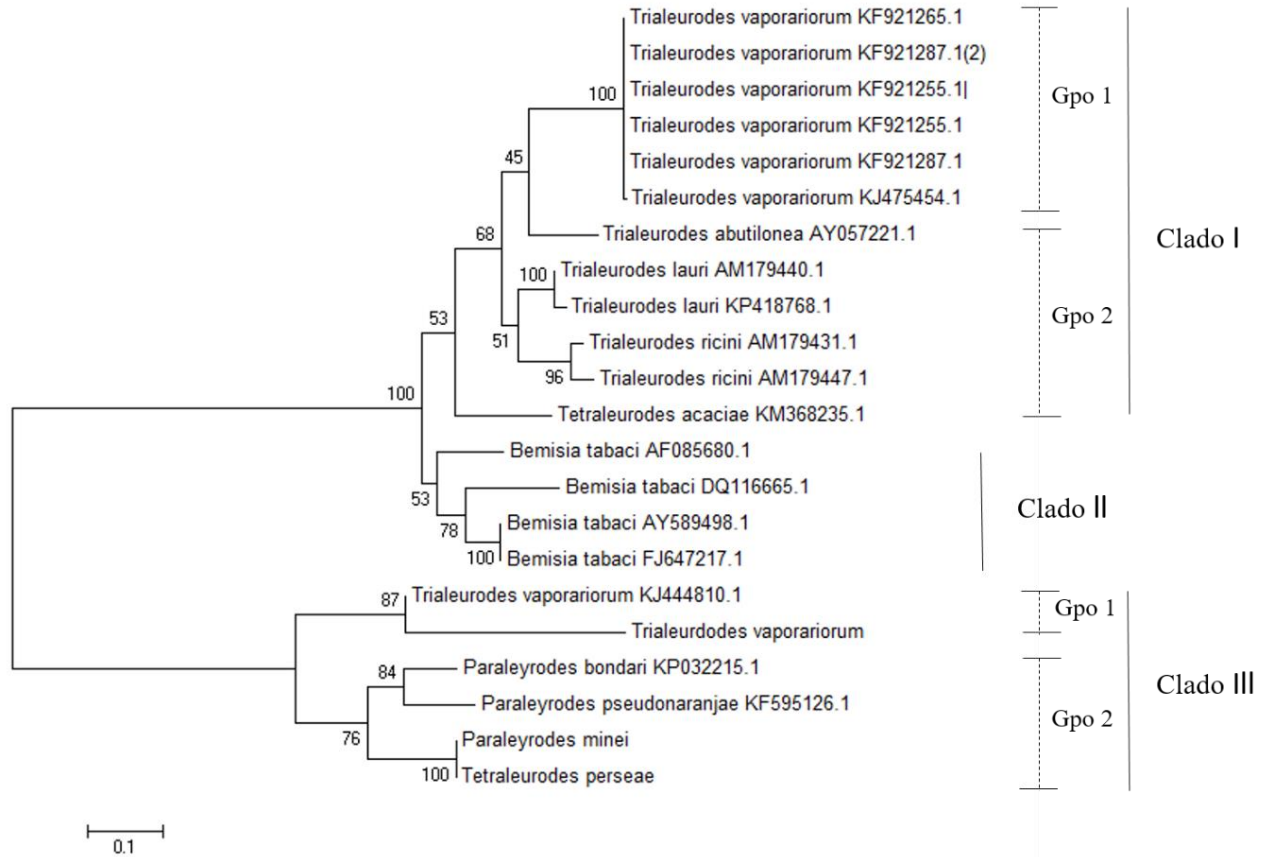


Figura 2. 6. Reconstrucción filogenética de una fracción de la región COI de *Tetraleurodes perseae*, *Paraleyrodes minei* y *Trialeurodes vaporariorum*, por el método máxima verosimilitud con 1000 repeticiones de bootstrap.

1.6. DISCUSIÓN

Wysocki *et al.* (2003) reportaron que el cultivo de aguacate es afectado por diferentes géneros y especies de mosquitas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae). Indican que especies del género *Tetraleurodes* son abundantes durante los meses de junio a noviembre, y cuando los ataques son fuertes, las hojas inferiores del árbol, se debilitan y caen causando defoliación.

Tetraleurodes perseae es originaria de México y América Central, ha sido registrada en las zonas de cultivo de aguacate comercial en México y El Salvador (Nakahara, 1995). Tiene como plantas hospederas, además del aguacate, a todos los miembros de la familia Lauraceae incluyendo *Laurus nobilis* L., *Litsea* sp., *Persea* spp., y *Umbellularia californica* (Nakahara, 1995). Se determinó que *T. perseae* se encuentra ampliamente

distribuida en la zona productora donde se realizó el estudio. Ejemplares de esta especie se colectaron en los tres huertos muestreados, lo que indicó que la altitud de ubicación del huerto no es un factor limitante para su presencia y reproducción. Esta característica hace que retome importancia ya que, de acuerdo con el GIIA (2013) cuando se presentan poblaciones muy altas y los árboles presentan brotes con hojas nuevas, puede provocar una seria deformación y defoliación de los mismos, lo que finalmente se puede reflejar en la capacidad productiva.

Según Nakahara (1995), esta especie se dispersa de manera natural a través del vuelo, lo que facilita su movimiento en largas distancias e incrementa su capacidad de infestar nuevos huertos. Por otro lado, estudios realizados por Rose y Woolley (1984) así como por Rose y Zolnerowich (2004) indican que en México, *T. perseae* puede ser una plaga esporádica en los huertos de aguacate solo después de la aplicación de plaguicidas, dado que alteran el control biológico por parasitoides de los géneros *Eretmocerus* y *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae). Las visitas de colecta a los huertos de aguacate concuerdan con que *T. perseae* presenta un alto grado de parasitismo; sin embargo, el estudio no consideró la identificación de éstos, lo que deja una ventana de oportunidad para futuras investigaciones.

Dentro del género *Paraleyrodes*, *P. perseae* es una especie considerada como plaga en aguacate, generalmente localizada cerca de la vena media de las hojas y su alimentación causa puntos circulares cloróticos en ellas. Los daños de esta especie según Wysoki *et al.* (2003) se asocian con baja producción de flores y defoliación; mientras que Coria (1993) indica que los picos de mayor incidencia de esta plaga en el estado de Michoacán se encuentran en los meses de junio y noviembre.

En este estudio, la especie presente en el estado de Morelos resultó ser *P. minei*. De forma similar a los que indicaron Wysoki *et al.* (2003) se encuentra cerca de las venas de las hojas, aunque con mayor preferencia por el estrato bajo e interno del árbol, donde se alimenta principalmente de hojas maduras. Ahí también se encuentran sus “nidos” con abundantes huevecillos y sus ninfas, las cuales no conforman agregados, por lo que,

es más común encontrarlas dispersas y solo un par de ellas en cada hoja. Con base en el muestreo, se determinó que *P. minei* solamente está en los huertos con menor altitud, lo que indicó una preferencia por temperaturas más altas para su desarrollo en comparación con *T. perseae*.

La mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* tiene registro en más de 60 plantas hospederas pertenecientes a distintas familiar botánicas (Álvarez *et al.*, 1993; Etienne *et al.*, 1991; Mound y Halsey, 1978) entre plantas cultivadas y silvestres. En los muestreos, se detectó su presencia únicamente en plantas silvestres presentes dentro de las huertas donde se colectaron los ejemplares; sin embargo, no se puede excluir la posibilidad de que en ausencia de éstas pueda reproducirse y sobrevivir en los árboles de aguacate, dado que Ripa *et al.* (2008) reportan su presencia en viveros de plantas de aguacate, donde han provocado pérdida de vigor y sus excreciones favorecen el desarrollo de fumagina sobre las hojas.

Ripa *et al.* (2008) también mencionan que su alto potencial reproductivo (hasta 350 huevecillos por hembra) favorece su potencial de daño cuando se presenta en condiciones óptimas y no se toman las medidas de control adecuadas.

El resultado del análisis molecular por el método de amplificación de la región citocromo oxidasa subunidad I (CO-I) de las tres especies estudiadas, corroboró con más del 95% la identificación de las especies determinadas previamente por métodos de identificación convencionales. Se concluye que las especies de mosca blanca encontradas en el cultivo de aguacate en Morelos fueron *T. perseae* y *P. minei*, mientras que *T. vaporariorum* solamente se encontró en plantas silvestres presentes en los huertos muestreados, pero no se descarta su presencia como plaga en otras áreas de producción.

El gen citocromo oxidasa subunidad I es muy usado en identificación molecular y en estudios sobre variabilidad genética en diferentes insectos (Daber *et al.*, 2010). Se han empleado varios métodos moleculares para diferenciar especies de mosca blanca y sus

variaciones genéticas (De Barro *et al.*, 2011); sin embargo, el método más popular ha sido el uso del gen mitocondrial COI, motivo por el cual se eligió en este estudio.

Roppa y colaboradores (2012), en un estudio filogenético donde analizaron la región del gen COI y espaciadores transcritos internos (ITS) de la región del ADN ribosomal entre varias poblaciones de *T. vaporariorum*, no encontraron diferencias significativas entre una región y otra, por lo tanto ellos sugieren que en este género no se tienen especies crípticas o biotipos, como es el caso de *Bemisia tabaci*. Por otra parte Shin *et al.* (2013) reportaron diferencias importantes y dos grupos que fueron divididos por una barrera geográfica como lo son las montañas de Baekdudaegan (Corea del Norte), por lo que concluyeron que las poblaciones tienden a ser influenciadas por la deriva genética en lugar de la selección natural causada por la resistencia a insecticidas o el hospedero.

Como se observa en la Fig. 1.6, el análisis filogenético muestra que las especies de *T. vaporariorum* se separan en dos clados, esto se explica porque las secuencias del clado I grupo 1 corresponden a países como Croacia y Grecia, mientras que las pertenecientes al clado II grupo 1 son de Canadá y México. Como lo menciona Shin *et al.* (2013), se pueden presentar diversas diferencias entre las especies de *T. vaporariorum*, en este caso se atribuyen a las distintas regiones geográficas donde fueron colectadas las muestras. En el clado II se tiene a *B. tabaci* como grupo comparativo. En el caso de la especie *Paraleyrodes minei*, no se encontraron secuencias similares en el banco de genes por lo que se incluyeron en el estudio filogenético otras especies del mismo género (*P. bondari* y *P. pseudonaranjae*), de acuerdo con el análisis se determinó que se encuentran en el mismo clado (clado III grupo 2). Por el contrario, para la especie *Tetraleyrodes perseae* solo se contó con *T. acaciae* para realizar la comparación; sin embargo, no se obtuvo ninguna relación debido a que ambas se encuentran en clados diferentes, clado III grupo 2 y clado II grupo 2, respectivamente. Esto se puede explicar debido a que, para el caso de *T. acaciae*, los especímenes fueron colectados en Israel por lo que se puede suponer que existe una diferencia genética marcada con base en la zona geográfica de colecta y a su hospedero.

Es interesante observar que los especímenes de *T. perseae* y *P. minei* de este estudio aparecen en el mismo clado y en el mismo grupo, una posible explicación es que ambos coevolucionaron junto a su hospedero, aunque para afirmar dicha teoría se requiere de un estudio más complejo.

En resumen el uso del gen COI para la identificación de mosquitas blancas es una herramienta útil para una identificación general; sin embargo, para el caso específico de *T. perseae* se sugiere el uso de otros marcadores moleculares. Las secuencias obtenidas en este estudio se encuentran en validación por el NCBI para ser depositadas en el banco de genes, lo que implicaría que serían las primeras secuencias de estas especies en el Genbank.

1.7. REFERENCIAS CITADAS

- Álvarez, P.; L. Alfonseca; A. Abud; A. Villar; R. Rowland; E. Marcano; J. C. Borbón; L. Garrido: «Las moscas blancas en la República Dominicana», en «Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Latina y el Caribe», Memorias del Taller Centroamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas», Turrialba, Costa Rica, 3-5 de agosto de 1992, Serie Técnica, Informe Técnico no. 205, CATIE, 1993, pp. 34-37.
- Bellows T.S., Meisenbacher C., Headrick D. H. 1998. Field biology of *Paraleyrodes minei* (Homoptera: Aleyrodidae) in Southern California. *Environmental Entomology* 27(2): 277-281.
- Bernal, E. J. A. y Díaz, D. C. A. 2005. (Compiladores). Tecnología para el cultivo de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico No. 5. 241 p.
- Carapia, R. V. E., González H. H., Romero N. J., Ortega A. L. D. Y Koch S. D. 2003. Descripción de dos nuevas especies de *Trialeurodes* (cockerell) (Homoptera: Aleyrodidae) y clave para las especies de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 90: 93-101

- Coria A., V. M. 1993. Principales plagas del aguacate en Michoacán. Folleto para productores Núm. 19. SAGAR. INIFAP. 20 p.
- Dabert, M., Witalinski, W., Kazmierski, A., Olszanowski, Z. and Daber, J. 2010. Molecular phylogeny of acariform mites (Acari: Arachnida). Strong conflict between phylogenetic signal and long-branch attraction artifacts. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56: 222-241.
- De Barro, J., Liu, S., Boykin, L. & Dinsdale, A. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annual Review of Entomology* 56:1–19.
- Etienne, J.; J. B. Quiot; L. M. Russell: «Les Aleyrodidae de Guadeloupe, cas de *Bemisia tabaci*. Recontres Caraïbes en lutte biologique», Guadeloupe, 5-7 novembre, 1990, Ed. INRA, París, Les Colloques no. 58, 1991, pp. 85-91.
- Gao R. R., Zhang W. P., Wu H. T., Zhang R. M., Zhou H. X., Pan H. P., Zhang Y. J., Brown J. K., Chu D. 2014. Population structure of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), an invasive species from the Americas, 60 years after invading China. *Int J Mol Sci* 15:13514–13528
- García G. E. J., Garijo C., García S. S. 1992. Presencia de *Paraleyrodes* sp. pr. *citri* (Bondar, 1931) (Insecta: Homoptera: Aleyrodidae) en los cultivos de cítricos de la provincia de Málaga (sur de España): Aspectos biológicos y ecológicos de la plaga. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 18(1), 3-9.
- Ghahari H., Abd R. S., Zahradnik J., Ostovan H. 2009. Annotated catalogue of whiteflies (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) from Arasbaran, Northwestern Iran. *Journal of Entomology and Nematology* 1(1): 7-18.
- GIIA (Grupo Interdisciplinario e Interinstitucional de Investigación en Aguacate). Autores en orden alfabético: Bautista N, Beltrán H, Castañeda A. Chávez M. Equihua A, Durán E, Fierro D, González H, González G, Lomelí R, Marroquín F, Michua J, Nava C, Nieto D, Ochoa S, Ochoa D, Rodríguez E, Santillán MT, Sucedo R, Soria J, Teliz D, Valdovinos G y Vallejo M. 2013. El aguacate en Michoacán: Plagas y enfermedades. APEAM AC-SENASICA, México. 56 pp.
- González H., H.; R. Johansen N.; L. Gazca C.; A. Equihua M.; A. Salinas C.; E. Estrada V.; F. Durán A.; A. R. Valle P. 2000. Plagas del aguacate. 117-136. *In*: D. Téliz O. (Ed), El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi Prensa Libros. México.

- Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids. Symp. Ser. 41:95-98.
- Hebert, D. N., Cywinska A., S.L. Ball, and R. De Waard. 2003. Biological identifications through ADN barcodes. Proceeding of the Royal Society London 270: 313-321.
- Hoddle, M. 2008. Plagas del palto en California, México y Centroamérica. *In: Manejo de plagas en paltos y cítricos*. Ripa R. y Larral P. (eds). Colección Libros INIA No. 23. Chile. 399 pp.
- Hoddle, M. S. 2005. Biology of the red-banded whitefly, *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Homoptera: Aleyrodidae).
(http://biocontrol.ucr.edu/hoddle/red_banded_whitefly.html) Consultado: Febrero de 2016.
- Hoddle, M. S. and Soliman G. N. 2001. Developmental and reproductive biology of the red-banded whitefly, *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Homoptera: Aleyrodidae). Subtropical Fruit News 8: 15-18
- Hodges G. S. y Evans G. A. 2005. An identification guide to the whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the Southeastern United States. Florida Entomologist 88(4): 518-534.
- Iaccarino F. M., Jesu R. y Giacometti, R. 2011. *Paraleyrodes minei* Iaccarino 1990 (Homoptera: Aleyrodidae), new species for Italy, on *Citrus aurantium* L., 1758. Journal of Entomological and Acarological Research, Ser. II, 43 (1), 2011
- Iaccarino, F. M. 1989. Description of *Paraleyrodes minei* n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae), a new aleyrodid of citrus, in Syria. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'* 46, 131-149
- Kfoury L., Abdul N. H., El A. R. 2003. Les aleurodes des agrumes au Liban: inventaire raisonné et nouvelles espèces introduites (Hemiptera, Sternorrhyncha). *Nouvelle Revue d'Entomologie* 20(4), 345-351
- Kumar S, Stecher G, Tamura K. 22 March 2016. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. Mol Biol Evol 33: 863–869.
- Martin, J. H. 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae), *Tropical Pest Management*, 33: 298-322.

- Martin, J. H. y Camus J. M. 2001. Whiteflies (Sternorrhyncha, Aleyrodidae) colonising ferns (Pteridophyta: Filicopsida), with descriptions of two new *Trialeurodes* and one new *Metabemisia* species from south-east Asia. *Zootaxa*, 2:1-19.
- Mound, L. A. y Halsey S. H. 1978. Whitefly of the World. A Systematic Catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data, British Museum (Natural History)/ John Wiley and sons, Chichester. 340 pp.
- Nakahara, S. 1995. Taxonomic studies of the genus *Tetraleurodes* (Homoptera: Aleyrodidae). *Insecta Mundi*, 91(1-2), 105-150 (abst.).
- Palacios, T. R. E., J. Romero N., J. Étienne., J. L. Carrillo S., J. M. Valdez C., H. Bravo M., S. D. Koch., V. López M. y A. P. Terán V. 2008. Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de Agromyzidae (Insecta: Diptera) de interés agronómico en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 24 (3): 7-32.
- Rapisarda, C. 1985. *Trialeurodes* (Ericaleyrodes) *Sardiniae*, subgen. n., sp. n.: A new heatherfeeding whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Frustula Entomologica*, 25: 487-499.
- Ripa, R., Larral, P. y Luppichini, P. 2008. Mosquitas blancas. *In: Manejo de plagas en paltos y cítricos*. Ripa R. y Larral P. (eds.). Colección Libros INIA No. 23. Chile. 399 pp.
- Rojas M. R. I., Camacho T. M., Zavaleta M., Levy J. 2016. First report of the presence of haplotypes A and B of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in chili (*Capsicum annuum* L.) in the central region of Mexico. *Journal of Plant Pathology* 98(1):11-115. doi: 10.4454/JPP.V98I1.031.
- Roopa, H. K., Krishna Kumar, N. K., Asokan, R., Rebijith, K. B., Mahmood, R. and Verghese, H. 2012. Phylogenetic analysis of *Trialeurodes* Spp. (Homoptera: Aleyrodidae) from India based on differences in mitochondrial and nuclear DNA. *Florida Entomologist* 95(4):1086–1094.
- Rose, M., and G. Zolnerowich. 2004. *Eretmocerus perseae* n. sp. (Hymenoptera: Chalcidoidea: Aphelinidae) reared from *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Homoptera: Aleyrodidae: Aleyrodinae) living on avocado in Mexico. *Vedalia* 11: 45-52

- Rose, M., and J. B. Woolley. 1984. Previously imported parasite may control invading whitefly. *Calif. Agric.* 38: 24-25.
- Russell, L. M. 1993. A new species of *Trialeurodes* (Homoptera: Aleyrodidae) from *Phlox*. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 95(4): 583-586.
- Shin, D., Mo, H.-h., Lee, S.-E., Park, J.-J. and Cho, K. 2013. Elucidation of the genetic differences in *Trialeurodes vaporariorum* populations under vegetable greenhouse conditions by using the allozyme approach. *Entomological Research* 43: 271–281.
- Sternlicht, M. 1979. A new species of whitefly in Israel. *Hassadeh*, 59: 1830-1831.
- Swirski E., Wysoki M. & Izhar Y. 2002. *Subtropical Fruits Pests in Israel*, Fruit Board of Israel, 284 pp.
- Thompson J.D., Higgins D.G. and Gibson T. J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 22(22): 4673-80.
- Ulusoy M. R., Uygun N., Kersting U., Karaca I., Satar S. 1996. Present status of citrus whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in Turkey and their control. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 103(4): 397-402.
- Waite, G. K. and Martinez B. 2002. Insect and mite pest. *In: A.W. Whaley, B. Schaffer, B.N. Wolstenholme, eds. The avocado. Botany, production and uses. Wallingford, U.K., CAB International. Pp. 339-361.*
- Wintermantel W. M. 2004. Emergence of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) transmitted criniviruses as threats to vegetable and fruit production in North America. *APSnet Features*. doi: 10.1094/APSnetFeature-2004-0604
- Wysoki, M., Van de Berg, M.A.; Ish-Am, G.; Gazit, S.; Peña, J.E.; Waite, G.K. 2003. Pest and pollinators of avocado. *In: Peña, J.; Sharp, J.L. and M. Wysoki eds. Tropical Fruits pests and pollinator. Wallingford, U.K.; CAB International.*

CAPITULO II

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE *Tetraleurodes perseae* NAKAHARA (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN AGUACATE (LAURACEAE) DE MORELOS, MÉXICO.

2.1. RESUMEN

Las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae), aunque son consideradas plagas secundarias en el cultivo de aguacate, su presencia y daño puede reducir el vigor y afectar la producción de éste. El objetivo del presente trabajo fue conocer la fluctuación poblacional y distribución altitudinal de la mosca blanca *Tetraleurodes perseae* en árboles de aguacate, así como determinar el número de posibles generaciones por año. El estudio se llevó a cabo en tres huertos en el estado de Morelos, situados en diferentes altitudes, en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015. Se hicieron muestreos cada 21 días, en 10 árboles seleccionados al azar en cada huerto. Los muestreos se hicieron al azar en el estrato medio del árbol (1.6 m de altura), en brotes u hojas jóvenes para el conteo de adultos, y solo hojas para ninfas; adicionalmente se colocaron dos trampas pegajosas amarillas (7x14 cm) por árbol para el muestreo de adultos. Complementariamente se tomaron datos de brotación vegetativa, precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura. *T. perseae* se presentó en los tres huertos muestreados, con mayor presencia en la parcela con menor altitud, durante todo el periodo de estudio. En el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm), se desarrollaron 11 generaciones de la mosca blanca, 10 generaciones en el huerto con gradiente medio (1934 msnm) y 8 generaciones en el huerto con mayor altitud (2230 msnm). Los adultos mostraron una relación positiva con respecto a los brotes vegetativos, mientras que para el caso de las ninfas, estas presentaron una relación negativa con respecto a la humedad relativa. El resto de los parámetros presentó diversos efectos sobre la especie según la altitud del huerto.

Palabras clave: Aleyrodidae, plagas del aguacate, moscas blancas.

2.2. ABSTRACT

Although whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) are considered a secondary pest of avocado crops, their presence and the damages that they cause can decrease crop vigor and affect production. The objective of the present work was to determine the population fluctuation and altitudinal distribution of the *Tetraleurodes perseae* Nakahara whitefly in avocado trees, as well as to determine the number of possible generations in one year. The study was done in three orchards in the State of Morelos, located at different altitudes, from February 2014 to April 2015. Samplings were done every 21 days from 10 randomly chosen trees in each orchard. The samples were taken randomly from the middle stratus (1.6 m height) of each tree; in buds or young leaves for the number of adults and leaves only for nymphs. Additionally, two yellow traps (7x14 cm) with glue were placed in each tree for adult samplings. Data were collected regarding vegetative budding, rainfall, relative humidity, and temperature. *T. perseae* was present in all three sampled orchards, with a greater presence in the lowest orchard, during the whole study period. In the orchard with the lowest altitudinal gradient (1736 masl), 11 whitefly generations developed; 10 generations developed in the medium gradient orchard (1934 masl); and 8 generations developed in the highest orchard (2230 masl). The adults showed a positive relationship with regard to vegetative buds, while the nymphs had a negative relationship with regard to relative humidity. The rest of the parameters showed diverse effects on the species depending on the altitude of the orchard.

Key words: Aleyrodidae, avocado pests, whiteflies.

2.3. INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia de las Lauráceas, que está formada por 52 géneros y cerca de 3,500 especies; esta es una de las familias más primitivas de las dicotiledóneas. El género *Persea* está formado por 150 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales, especialmente en Asia, Islas Canarias y América, donde existen 80 especies (Bernal y Díaz, 2005). Se agrupa dentro de tres grupos ecológicos o razas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana (Garbanzo, 2011).

México es el principal productor de aguacate en el mundo, con una superficie sembrada que asciende a 176,000 ha cultivadas y una producción de 1, 521, 000 ton en el año 2014. En ese mismo año, el estado de Morelos tuvo una superficie sembrada que prácticamente alcanzó 4, 000 ha, con una producción de 27, 600 ton y un rendimiento promedio de 8.2 ton/ha (SIAP, 2015).

Entre las principales plagas de este cultivo se encuentran insectos chupadores, barrenadores de hueso y ramas; también perforadores de frutos y semillas, y algunos lepidópteros defoliadores (Bernal y Díaz, 2005). Las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) son consideradas plagas secundarias en el cultivo de aguacate dado que se presentan ocasionalmente, aunque su presencia y daño puede reducir el vigor y afectar la producción (González *et al.*, 2000). El género *Tetraleurodes* es de los más grandes ya que cuenta con 50 especies descritas (Nakahara, 1995), de las cuales 20 fueron reportadas para Norteamérica (Mound y Halsey, 1978).

La especie *Tetraleurodes perseae* Nakahara es probablemente originaria de América Latina, se ha encontrado desde el Caribe, América Central, Florida y México (Nakahara, 1995). En estado adulto se caracteriza por presentar bandas o líneas de color rojizo marrón en las alas. La oviposición se realiza en el envés de las hojas jóvenes y los huevecillos tienen forma de riñón; al emerger la ninfa presenta un color amarillo marrón en sus primeros dos instares, donde el primero de ellos es el único móvil. El tercero y cuarto instares se tornan de color negro y son sésiles, dado que no se mueven del sitio

original de alimentación. Las ninfas se caracterizan por presentar una franja de cera blanca en el contorno de su cuerpo que toma forma de rizos proyectados hacia arriba; además, las exuvias de mudas anteriores se pueden acumular en el dorso del cuerpo, lo que ayuda a determinar la edad de las mismas al contar el número de exuvias que acumulan. Esta característica se observa con mayor frecuencia en los tres primeros instares (Hoddle, 2013).

La importancia agrícola de las moscas blancas radica principalmente en su capacidad para transmitir virus que pueden producir enfermedades en la plantas; sin embargo, también provocan daños directos al alimentarse de las hojas y daños indirectos al favorecer el desarrollo de hongos sobre estas partes de la planta, con ello se puede limitar la capacidad de fotosíntesis entre otras actividades fisiológicas (Vázquez, 2004). En la actualidad, *T. perseae* no está reportada como una especie transmisora de virus; sin embargo, la alta circulación de plantas de aguacate aumenta la posibilidad de establecimiento de nuevas enfermedades virales, por lo que esta especie podría ser un eficiente trasmisor de las mismas, aunque aún se requieren más estudios para poder determinar dicha capacidad transmisora (Hoddle, 2013)

Debido a la importancia que ha adquirido esta especie, se propuso el presente trabajo con los siguiente objetivos: conocer la fluctuación poblacional y distribución altitudinal de la mosca blanca *Tetraleurodes perseae* en árboles de aguacate en el estado de Morelos, México, así como determinar el número de generaciones que desarrolla por año. Esta información proporcionará una base para la implementación del manejo de la especie.

2.4. MATERIALES Y MÉTODO

2.4.1. Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres huertos en el estado de Morelos, situados a diferentes altitudes, en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015. El primer huerto (Tlayacapan) es representativo de un gradiente altitudinal bajo (1736 msnm) ubicado en la comunidad de Tlayacapan, municipio de Tlayacapan (N 18 ° 58' 44.03" W 98° 59' 32.44"). El segundo huerto (Tlalnepantla B), es representativo de un gradiente altitudinal medio

(1934 msnm) en el municipio de Tlalnepantla (N 19° 00' 08.78" W 98°59' 26.72"). El tercer huerto (Tlalnepantla A) es representativo del mayor gradiente altitudinal (2230 msnm) en el municipio de Tlalnepantla (N 19 ° 01' 08.54" W 98° 59' 53.63"). Los huertos utilizados para el muestreo tenían una edad promedio de 10 años de edad, los árboles eran de la variedad 'Hass' y estaban en edad productiva. Los tres huertos presentaban un manejo convencional con mínima o nula aplicación de plaguicidas.

2.4.2. Identificación de la especie

Se colectaron ninfas de cuarto ínstar y adultos de la especie, se colocaron en alcohol al 70% y se trasladaron al Laboratorio de Entomología en el Colegio de Postgraduados, donde fueron procesadas e identificadas. La corroboración de la especie fue hecha por el especialista del grupo taxonómico Aleyrodidae, Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

2.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional

Para determinar la fluctuación poblacional de adultos y ninfas de *T. perseae* se hicieron muestreos cada 21 días en cada huerto a partir de febrero de 2014 a abril de 2015. Se muestrearon 10 árboles seleccionados al azar en cada huerto; en cada árbol se evaluaron 10 brotes jóvenes (según la etapa fenológica) u hojas jóvenes para el conteo de adultos y 10 hojas para las ninfas. Los muestreos se hicieron al azar en el estrato medio del árbol (1.6 m de altura), adicionalmente se colocaron dos trampas pegajosas amarillas (7x14 cm) por árbol para el muestreo de adultos. Las trampas se colocaron en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados para su posterior conteo. Los adultos capturados en las trampas se contaron con el uso de un microscopio estereoscópico Nikon SMZ800 (Nikon Instruments inc.)

2.4.4. Variables ambientales

Las variables ambientales estudiadas fueron la precipitación pluvial, la humedad relativa y la temperatura, los datos fueron obtenidos con equipos datalogger Extech RHT10 (Extech Instruments Corporation) ubicados en cada huerto y se complementó con

información de la Red de Estaciones Agroclimáticas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se estudió la relación de las variables ambientales con las densidades poblacionales obtenidas durante las fechas de muestreo.

Dado que se desconoce el requerimiento térmico para completar el ciclo biológico definido para la especie, se utilizó como referencia el promedio de requerimientos de las especies de mayor importancia presentes en la zona de estudio que son: *Trialeurodes vaporariorum* (380.70 UC) (Osborne, 1982), *Bemisia tabaci* (317.3 UC) (Ahn *et al.*, 2001), *Bemisia argentifolii* (319.70 UC) (Greenberg *et al.*, 2000). De acuerdo con el requerimiento térmico establecido por cada autor, se estimó el número de generaciones completadas mediante la acumulación de unidades calor (UC), esto para identificar las épocas con condiciones térmicas más favorables para el desarrollo de la plaga. El requerimiento térmico utilizado para *T. perseae* fue de 339.2 UC, con una temperatura umbral inferior de 10°C (Murray, 2008).

2.4.5. Análisis estadístico

Se ajustó un modelo de tipo Poisson, para lo cual se utilizaron los datos poblacionales de adultos y ninfas y se estudió la relación con los brotes vegetativos, precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura en los tres huertos. Los datos fueron procesados con el software SAS (versión 9.3 de SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte). Con la información recopilada de las condiciones de temperatura en cada huerto, se calcularon las unidades calor (UC) con base en la metodología descrita por Allen (1976).

2.5. RESULTADOS

La especie presente en los tres huertos de aguacate se identificó como *Tetraleurodes perseae* (Nakahara) (Hemiptera: Aleyrodidae: Aleyrodinae).

2.5.1. Abundancia y fluctuación poblacional

En el conteo hecho en las trampas amarillas, para la parcela de Tlayacapan (1736 msnm), se obtuvo un total de 2009 adultos en todo el periodo de muestreo, mientras que

del conteo directo en brotes se obtuvo un total de 1034 adultos y en hojas se contabilizaron 3992 ninfas. Para la parcela de Tlalnepantla B (1934 msnm) se contabilizaron 852 adultos en las trampas amarillas, 759 adultos en brotes y 1354 ninfas en hojas. Por último, en la huerta de Tlalnepantla A (2230 msnm) se tuvo un total de 1314 adultos en las trampas, 790 adultos en los brotes y 1542 ninfas en las hojas.

T. perseae estuvo presente en las tres parcelas muestreadas. Los resultados indicaron que la parcela con menor altitud presentó una mayor población de la especie, producto de un mayor registro de captura en las trampas amarillas, así como en el conteo directo en brotes y hojas; esto se reflejó en una proporción de 1:3.9 de adultos: ninfas. Por su parte, en la huerta con altitud media se observó una proporción similar en la captura de adultos en trampas y aquellos que se contaron en los brotes, mientras que la población de ninfas fue mayor que la de adultos, por tanto se obtuvo una proporción de adultos: ninfas de 1:1.8. La parcela con mayor altitud registró una menor población de adultos en el conteo directo en brotes con respecto al conteo en las trampas, la proporción de adultos contados en brotes fue de 1:2 con respecto a las ninfas contadas en las hojas.

El estudio de la fluctuación poblacional de *T. perseae* evidenció que la especie estuvo presente en todo el periodo de muestreo (febrero 2014-abril 2015), en al menos uno de sus estados biológicos. La captura de adultos en las trampas amarillas fue mayor al inicio del muestreo y presentó una marcada reducción en el mes de mayo en las tres parcelas; sin embargo, se registraron capturas durante el resto del periodo de estudio. El muestreo de adultos en hojas reveló que la población se redujo, en los tres huertos, durante el periodo de lluvias y en los meses con temperaturas más bajas (junio de 2014 a enero de 2015) para después presentar una tendencia a la alza, acorde al aumento de temperaturas, a partir de enero de 2015. En la densidad de ninfas se observó un comportamiento inverso, se presentó un incremento en el periodo de temperaturas frías (noviembre 2014 a enero 2015) particularmente se observó un efecto más marcado en la parcela con menor altitud.

Para el huerto de gradiente altitudinal bajo (Tlayacapan) (Fig. 1) se tuvo un registro de 50 adultos por trampa al inicio del muestreo (febrero 2014), posteriormente la captura se mantuvo por debajo de 5 adultos por trampa, con un pico poblacional (14 adultos por trampa) en octubre, y mostró una tendencia a la alza al finalizar el muestreo (marzo-abril 2015). Por el contrario, en hojas se tuvo un promedio inicial de 17 adultos y una tendencia a la baja en el mes de abril, un pico poblacional en mayo y una media muestral cercana a un individuo por brote, de mayo y hasta el mes de diciembre de 2014, a partir del cual la población mostró una tendencia de incremento. Las ninfas tuvieron poblaciones más altas que los adultos muestreados en hojas durante el periodo de estudio, su población presentó fluctuaciones de febrero a octubre de 2014 y aumentó considerablemente (50 ninfas por hoja) hasta febrero (2015) a partir de donde se observó una tendencia a la baja.

En el huerto con altitud media (Tlalnepantla B) (Fig. 2) la población de adultos en trampas presentó un pico poblacional en abril de 2014 y después se redujo considerablemente hasta estabilizarse por debajo de los 5 adultos por trampa. Por el contrario, los adultos contabilizados en hojas presentaron un decremento al inicio del muestreo y un pico poblacional en agosto y septiembre, la población registró una tendencia de incremento a partir de enero y hasta el final del muestreo. El conteo de ninfas presentó un comportamiento similar al de adultos en hojas; sin embargo, sus densidades en los dos picos poblacionales (agosto-septiembre y noviembre-enero) fueron mayores y además su población se mantuvo constante durante los últimos meses del estudio.

El huerto con mayor altitud (Tlalnepantla A) (Fig. 3) presentó una elevada población de adultos de *T. perseae* durante los primeros meses del muestreo con trampas amarillas hasta abril donde se tuvo un marcado descenso poblacional, se observó un pico poblacional entre agosto y septiembre, mientras que de noviembre a enero se presentó la población más baja, para después tomar una tendencia de incremento poblacional. Los adultos contabilizados en hojas presentaron picos poblacionales en marzo, abril, agosto y de enero en adelante. Las ninfas presentaron picos poblacionales en febrero, marzo, junio, agosto, septiembre y de noviembre a enero, esto último fue contrario a lo observado en adultos.

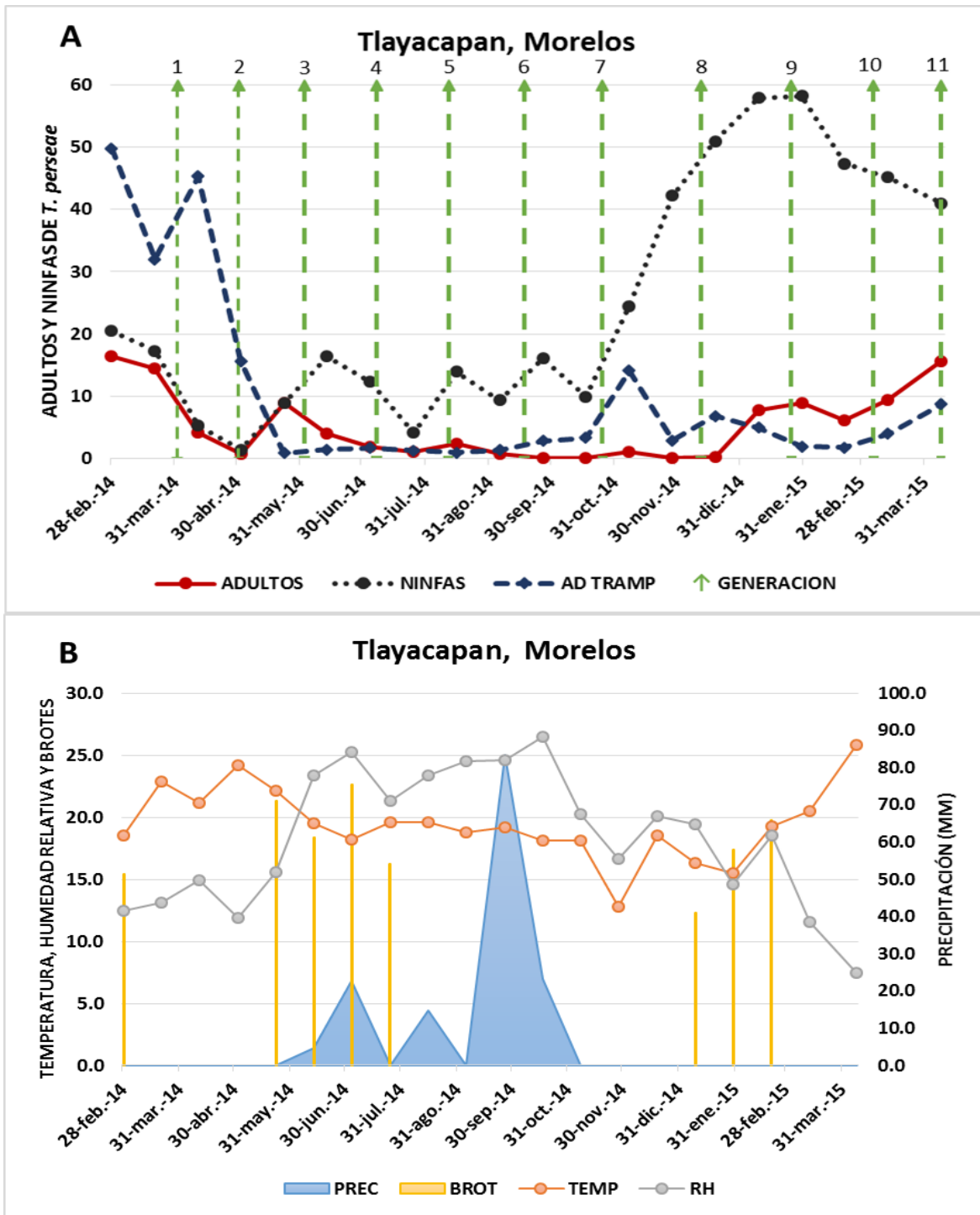


Figura 2. 1. Fluctuación poblacional de *T. perseae*, brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlayacapan (1736 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.

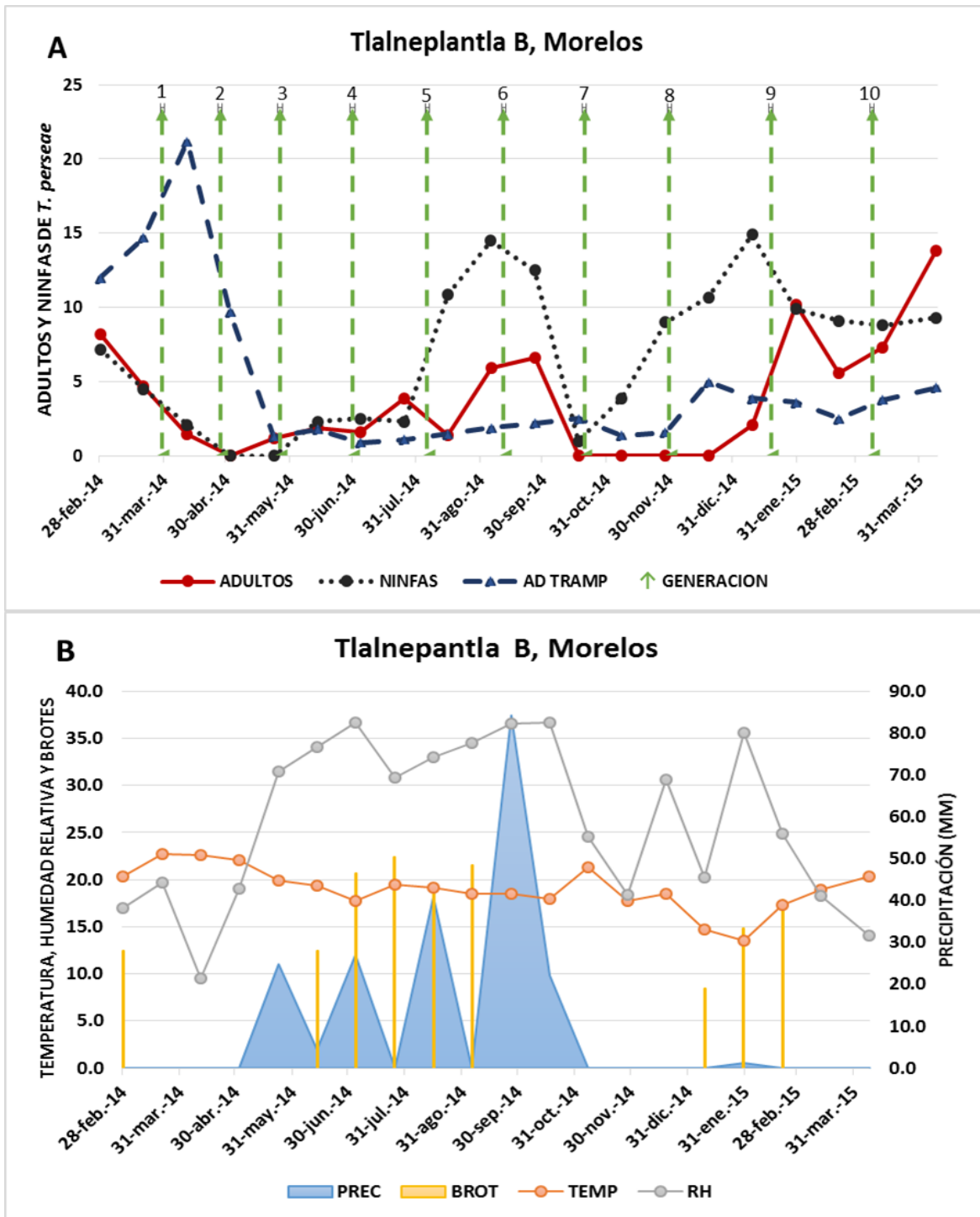


Figura 2. 2. Fluctuación poblacional de *T. perseae*, brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla B (1934 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.

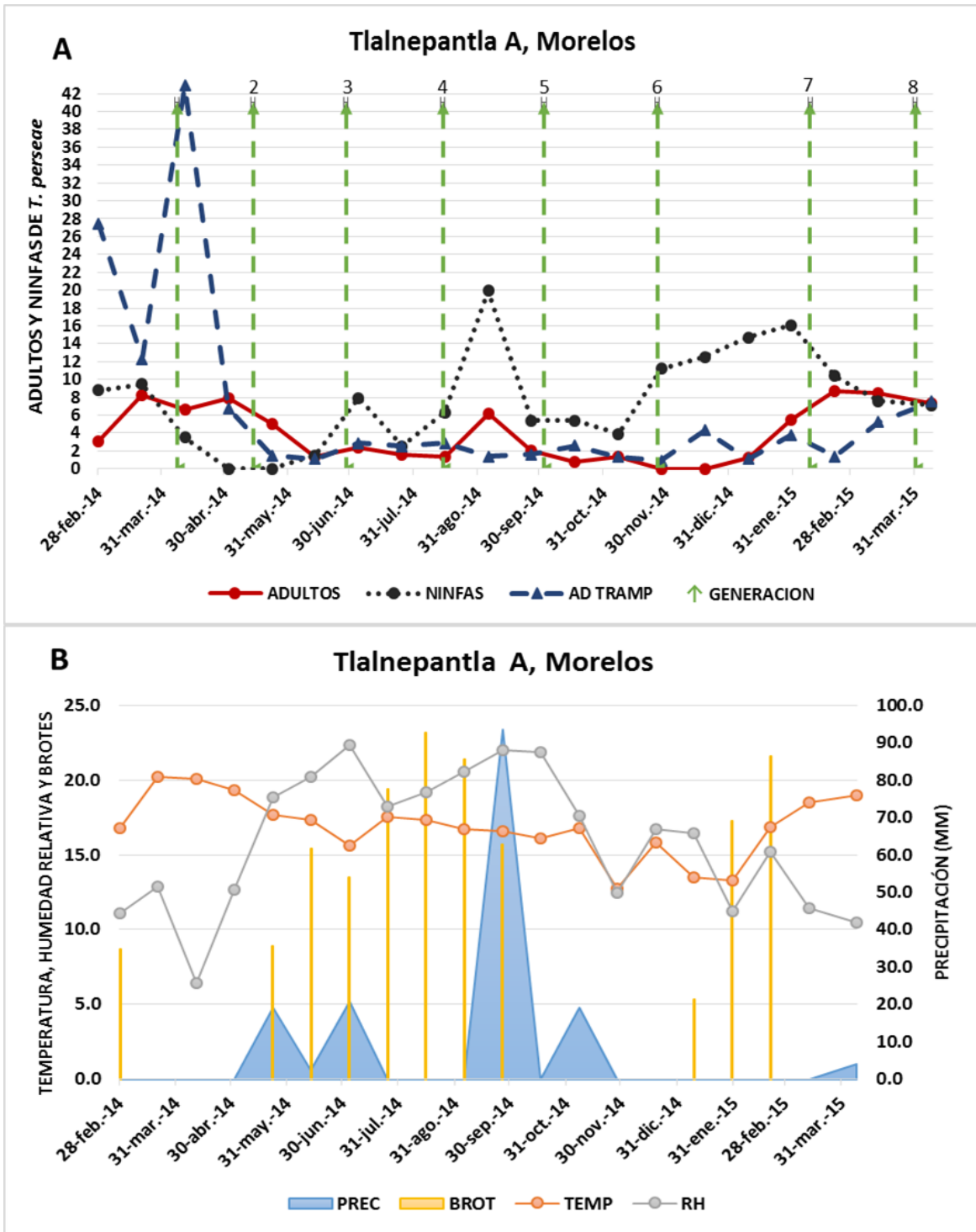


Figura 2. 3. Fluctuación poblacional de *T. perseae*, brotes del cultivo y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla A (2230 msnm). A) Fluctuación poblacional de adultos en trampas y en hojas, fluctuación de ninfas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa y brotes vegetativos.

2.5.2. Generaciones obtenidas con el cálculo de UC

Los resultados del cálculo de las unidades calor (UC) indicaron que, para el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm), se completaron exactamente 11 generaciones durante los 432 días que duró el muestreo. Las generaciones más rápidas se obtuvieron entre el 2 de marzo y el 2 de junio de 2014, cada una con duración de 31 días. La generación más larga se obtuvo entre 26 de octubre y el 12 de diciembre de 2014 con una duración de 48 días. En promedio cada generación se completó en 36.9 días.

En el huerto con gradiente medio (1934 msnm) se completaron 10 generaciones de *T. perseae* del 28 de febrero del 2014 al 8 de marzo de 2015, mientras que en el periodo restante se completaron solo 281 UC, insuficientes para una generación adicional de la especie. En el huerto de Tlalnepantla B, la generación más corta se completó en 28 días, entre el 4 de marzo y el 27 de abril de 2014. La generación que tomó más tiempo en completarse se presentó entre el 1 de diciembre de 2014 y el 18 de enero de 2015 con una duración de 49 días. En promedio se necesitaron 37.4 días para completar una generación en este huerto.

El huerto con mayor altitud (2230 m) fue el que registró un menor número de generaciones en el periodo de estudio, dado que únicamente se completaron 8 generaciones, de las cuales, la que requirió más días para completarse se desarrolló entre el 27 de noviembre de 2014 y el 8 de febrero de 2015 acumulándose 73 días. La generación más corta se completó en 37 días, entre el 08 de marzo y el 14 de mayo de 2014. Para el huerto de Tlalnepantla A se necesitaron en promedio 49.4 días por cada generación de *T. perseae*.

2.5.3. Modelo Poisson para análisis de correlación

En el Cuadro 1 se concentran los resultados del modelo de Poisson para la estimación de distintos parámetros en los tres huertos de aguacate. Se presenta el estimador obtenido para cada parámetro, así como el intercepto, el error estándar y la probabilidad de valores (Pr) que se asocian con los valores observados de la prueba estadística de Chi-cuadrada.

Con base en los resultados estadísticos se obtuvieron los siguientes modelos: para el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm) λ (AD TRAMP) = $e^{4.9643-0.0318 p-0.0253 t-0.0363 hr-0.0205 b}$, λ (AD) = $e^{3.7044-0.0452 p+0.0123 t-0.0502 hr+0.0504 b}$ y λ (Ni) = $e^{7.0627-0.0054 p-0.1716 t-0.0132 hr-0.0043 b}$; para el huerto con gradiente altitudinal medio (1934 msnm) λ (AD TRAMP) = $e^{-0.5626 - 0.011 p+0.1581 t-0.0174 hr-0.0326 b}$, λ (AD) = $e^{4.8377+0.0285 p-0.1166 t-0.0303 hr+0.0385 b}$ y λ (Ni) = $e^{6.3023+0.0285 p-0.1888 t-0.0194 hr+0.0181 b}$ y para el huerto con el mayor gradiente altitudinal (2230 msnm) se obtuvo λ (AD TRAMP) = $e^{1.8325+0.0111 p+0.1629 t-0.0546 hr-0.022 b}$, λ (AD) = $e^{-1.4459+0.0015 p+0.2214 t-0.0226 hr+0.0386 b}$ y λ (Ni) = $e^{4.9841-0.0296 p-0.1651 t-0.0048 hr+ 0.016 b}$. En donde λ = estado fenológico de *T. perseae*, p=precipitación pluvial, t=temperatura, hr=humedad relativa y b= brotes vegetativos.

Los resultados derivados del modelo de Poisson indican que en el caso del muestreo de adultos con trampas amarillas, en la huerta con menor altitud (Tlayacapan), se observó una relación negativa en la captura con respecto a los cuatro parámetros evaluados. Los adultos muestreados en hojas del cultivo de aguacate, mostraron significancia estadística con la temperatura y la presencia de brotes vegetativos. Respecto a las ninfas, ningún parámetro fue significativo en el modelo resultante.

En la huerta Tlalnepantla B, se observó una relación positiva con la temperatura en la evaluación de adultos en trampas. La precipitación pluvial y los brotes vegetativos mostraron una relación positiva en el modelo de adultos, mientras que la temperatura y la humedad relativa tuvieron una relación negativa con la presencia de ninfas.

En la huerta con mayor altitud (Tlalnepantla A), se determinó que el modelo no presentó significancia estadística con la humedad relativa, pero sí con el resto de los parámetros evaluados. Tres parámetros fueron significativos (Cuadro 1) en el modelo con respecto a la presencia de adultos en hojas y solo la humedad relativa no fue significativa. Solo los brotes vegetativos indicaron una relación positiva con las ninfas de *T. perseae*.

Cuadro 2. 1. Parámetros estimados con el modelo de Poisson en el muestreo de *T. perseae* para el número de adultos contabilizados en trampas amarillas, adultos y ninfas en hojas, en tres huertos de aguacate “Hass” en Morelos, México.

Parámetro	Tlayacapan			Tlalnepantla B			Tlalnepantla A		
	Estimación	Error estándar	Pr > ChiSq	Estimación	Error estándar	Pr > ChiSq	Estimación	Error estándar	Pr > ChiSq
Trampa									
Intercept	4.9643	0.7502	<.0001	-0.5626	1.5394	0.7148	1.8325	1.1347	0.1063
PREC	-0.0318	0.0288	0.2687	-0.011	0.0213	0.6052	0.0111	0.0371	0.7648
TEMP	-0.0253	0.0258	0.3254	0.1581	0.0648	0.0147	0.1629	0.0538	0.0025
HR	-0.0363	0.0061	<.0001	-0.0174	0.0087	0.046	-0.0546	0.0071	<.0001
BROTOS	-0.0205	0.0095	0.0309	-0.0326	0.0194	0.0942	0.022	0.0159	0.1661
Adultos									
Intercept	3.7044	1.0674	0.0005	4.8377	1.2654	0.0001	-1.4459	1.4889	0.3315
PREC	-0.0452	0.0662	0.4943	0.0285	0.017	0.0936	0.0015	0.0298	0.961
TEMP	0.0123	0.0372	0.7418	-0.1166	0.0542	0.0314	0.2214	0.072	0.0021
HR	-0.0502	0.0093	<.0001	-0.0303	0.0097	0.0019	-0.0226	0.0086	0.0087
BROTOS	0.0504	0.0127	<.0001	0.0385	0.0171	0.0242	0.0386	0.0171	0.0237
Ninfas									
Intercept	7.0627	0.4063	<.0001	6.3023	0.9118	<.0001	4.9841	0.6834	<.0001
PREC	-0.0054	0.0126	0.6686	0.0285	0.0114	0.0123	-0.0296	0.0222	0.1825
TEMP	-0.1716	0.0163	<.0001	-0.1888	0.0396	<.0001	-0.1651	0.0377	<.0001
HR	-0.0132	0.0038	0.0005	-0.0194	0.007	0.0057	-0.0048	0.0055	0.3795
BROTOS	-0.0043	0.0058	0.4566	0.0181	0.0126	0.1509	0.016	0.0098	0.1009

2.6. DISCUSIÓN

En las tres huertas se detectó la presencia de *T. perseae* durante todo el periodo de estudio, por lo que se puede inferir que esta especie no tuvo interferencia por la altitud, contrario a lo que se encontró en estudios sobre otras especies plaga presentes en el cultivo de aguacate, como *Trioza aguacate* (Hemiptera: Triozidae) donde el gradiente, aunado a la temperatura y la etapa fenológica del cultivo, favorecieron la presencia de éstas (González-Santarosa *et al.*, 2014), mientras que fue concordante con estudios realizados por Hoddle (2006) sobre la misma especie, en donde *T. perseae* se presentó durante todo el periodo de estudio, con sus respectivos aumentos y decrementos poblacionales.

Al inicio del estudio se observó que la cantidad de adultos capturados con las trampas amarillas fue alta; sin embargo, hacia la mitad del mes de abril se tuvo una reducción significativa de éstos. Este hecho pudo deberse a que en la zona de estudio se registró una granizada el día 10 de abril de 2014, la cual afectó severamente el follaje de los árboles de aguacate y pudo ocasionar el descenso de la población de adultos, así como de ninfas, de *T. perseae*. Este factor climático pudo haber marcado mayor interferencia en el huerto de menor altitud (Tlayacapan, 1736 msnm) con respecto a los dos huertos restantes, dado que en el mes de agosto estas últimas presentaron picos poblacionales, similar a lo reportado por Hodle (2006) quien encontró una alza poblacional de adultos en dicho mes y que relacionó con la presencia de brotes jóvenes. Tal efecto también fue similar a lo observado en el muestreo de adultos en los huertos de altitud media (Tlalnepantla B, 1934 msnm) y alta (Tlalnepantla A, 2230 m), aunque se observó una mayor relación entre el aumento poblacional y la brotación vegetativa de los meses de enero y febrero.

Este mismo autor (Hodle, 2006) encontró que *T. perseae* tiende a reducir sus poblaciones de adultos en los meses de septiembre y octubre, lo que coincide parcialmente con los resultados de este estudio, con la diferencia de que las bajas poblaciones de adultos se mantuvieron durante los meses con las temperaturas más bajas (noviembre-enero). En contraparte la densidad de ninfas mostró un incremento, lo

que puede indicar que esta especie pasa el periodo invernal en estado de ninfa. En contraste, se observó que para los meses de marzo y abril las poblaciones, tanto de adultos como de ninfas, mostraron un incremento en sus densidades.

Para los tres huertos, y con base en el análisis de Poisson, se observó que la población de adultos tuvo un efecto positivo con la presencia de brotes vegetativos del cultivo (Tlayacapan: $\alpha=0.0504$, $Pr<.0001$; Tlalnepantla B: $\alpha=0.0385$, $Pr=0.0242$; Tlalnepantla A: $\alpha=0.0386$, $Pr=0.0237$), mientras que los incrementos en la humedad relativa afectaron de forma negativa la presencia de adultos. Por tal motivo, posterior al periodo de lluvias la población se mantuvo en densidades bajas y, dado que los adultos se alimentan en tejidos jóvenes, su población fue mayor cuando se presentó nuevamente brotación vegetativa.

El desarrollo de ninfas tuvo una relación negativa con la temperatura en los tres huertos (Tlayacapan: $\alpha=-0.1716$, $Pr<.0001$; Tlalnepantla B: $\alpha=-0.1888$, $Pr<.0001$; Tlalnepantla A: $\alpha=-0.1651$, $Pr<.0001$), lo que coincidió con los resultados del muestreo en los meses con temperaturas bajas, donde su población fue mayor en comparación con los adultos. Además, los picos poblacionales observados en los meses con precipitación pluvial no indicaron una relación negativa, dado que las ninfas se alimentan y desarrollan en el envés de las hojas, lo que les provee refugio y protección ante este fenómeno, a su vez puede representar una estrategia de prevalencia en el periodo de temporal.

La temperatura, junto con la precipitación pluvial, juegan un papel importante en la fluctuación poblacional de *T. perseae* dado que en la época en que no hubo lluvia, aunado a un incremento en la temperatura, favoreció el aumento poblacional (febrero – abril).

Las condiciones climatológicas, principalmente la temperatura, permitieron determinar que *T. perseae* logró completar al menos ocho generaciones en la parcela con mayor altitud, diez generaciones en la parcela con altitud media y once generaciones en la parcela con menor altitud. Estos resultados son contrarios a lo sugerido por Hoddle

(2006), quien indica que esta especie pudiera ser univoltina en parcelas de aguacate de California, E. U. A., aunque este mismo autor reporta que el tiempo de generación de huevo a adulto es de 43 a 46 días a una temperatura promedio de 25 °C (Hoddle, 2006 y 2013). Los resultados obtenidos tuvieron mayor relación con el resultado de Dowell (1982) quien determinó ocho generaciones por año para *T. acaciae* en *C. hematocephala* en Florida, especie de mosquita blanca nativa de México y California.

2.7. AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por el apoyo económico otorgado para la realización de estudios de postgrado. Se agradece a los productores Sres. Adelino Huerta, José Luis Sánchez y Ricardo Casales, por las facilidades otorgadas para realizar el estudio en sus huertos. Se agradece al Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz por la corroboración en la identificación de los ejemplares de la especie estudiada.

2.8. REFERENCIAS CITADAS

- Ahn, K. S., Lee, K. Y., Choi, M. H., Kim, J. W. and Kim, G. H. 2001. Effect of Temperature and Host Plant on Development and Reproduction of the Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology 40(3): 203-209.
- Allen, J. C. 1976. A Modified Sine Wave Method for Calculating Degree Days. Environmental Entomology 5(3): 388-396.
- Bernal, E. J. A. y Díaz, D. C. A. 2005. (Compiladores). Tecnología para el cultivo de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico No.5. 241 p.
- Dowell, R. V. 1982. Biology of *Tetraleurodes acaciae* (Quaintance) (Homoptera: Aleyrodidae). Pan-Pac. Entomol. 58: 321-318.
- Garbanzo, S. M. 2011. Manual de aguacate. Buenas prácticas de cultivo Variedad Hass. Segunda edición. San José, Costa Rica. 96 p.

- González H., H.; R. Johansen N, L. Gazca C, A. Equihua M, A. Salinas C, E. Estrada V, F. Durán A, A. R. Valle P. 2000. Plagas del aguacate. 117-136. *In*: D. Téliz O. (ed.), El Aguacate y su Manejo Integrado. Mundi Prensa Libros. México.
- González-Santarosa M. G., Bautista-Martínez N., Romero-Nápoles J., Rebollar-Alviter A., Carrillo-Sánchez J. L. and Hernández-Fuentes L. M. 2014. Population Fluctuation and Spatial Distribution of *Trioza aguacate* (Hemiptera: Triozidae) on Avocado (Lauraceae) in Michoacan, Mexico. *Florida Entomologist* 97(4):1783-1793.
- Greenberg, S. M., Legaspi, B. C., Jones, W. A. & Enkegaard, A. 2000. Temperature-Dependent Life History of *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on Two Whitefly Hosts (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 29(4):851-860.
- Hoddle, M. S. 2013. Biology of the red-banded whitefly, *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Homoptera: Aleyrodidae). (http://biocontrol.ucr.edu/hoddle/red_banded_whitefly.html) Consultado: diciembre 2015.
- Hoddle, S. M. 2006. Phenology, Life Tables, and Reproductive Biology of *Tetraleurodes perseae* (Hemiptera: Aleyrodidae) on California Avocados. *Annals of the Entomological Society of America* 99(3): 553-559.
- Mound, L. A, S. H. Halsey. 1978. Whitefly of the World. A Systematic Catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with Host Plant and Natural Enemy Data, British Museum (Natural History), London and John Wiley and Sons, New York.
- Murray, M. S. 2008. Using Degree Days to Time Treatments for Insect Pests. Published by Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory. 5 pp. (<https://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/degree-days08.pdf>) (Consulta: 13 de febrero de 2016).
- Nakahara, S. 1995. Taxonomic studies of the genus *Tetraleurodes* (Homoptera: Aleyrodidae). *Insecta Mundi* 9: 105-150.
- Osborne, L. S. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*. *Environmental Entomology* 11(2): 483-485.
- SAS Software. 2002. Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la producción agrícola para el ciclo de cultivo 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consulta: 04 de diciembre de 2015).

Vázquez, L. L. 2004. Lista de moscas blancas (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Aleyrodidae) y sus plantas hospedantes en el Caribe. FITOSANIDAD vol. 8, no. 4, diciembre 2004.

CAPITULO III

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DE *Paraleyrodes minei* IACCARINO (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN AGUACATE (LAURACEAE) DE MORELOS, MÉXICO.

3.1. RESUMEN

Paraleyrodes minei (Hemiptera: Aleyrodidae) es una especie de mosca blanca con alto potencial de daño para el cultivo de aguacate y siendo México el principal productor de este cultivo, esta plaga cobra mayor importancia. Por lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo conocer la fluctuación poblacional y distribución altitudinal de la mosca blanca *P. minei* en árboles de aguacate, así como determinar el número de posibles generaciones por año. El estudio se realizó en tres huertos de aguacate var. Hass, de 10 años de edad, en el estado de Morelos, situados en diferentes altitudes, de febrero de 2014 a abril de 2015. Se hicieron muestreos cada 21 días, en 10 árboles seleccionados al azar en cada huerto. Los muestreos fueron aleatorios, en cada árbol se evaluaron 10 hojas maduras en el estrato bajo e interno del árbol (1.5 m de altura), los adultos y ninfas se contaron de forma directa en cada hoja. Se tomaron datos de precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura. Se detectaron adultos de *P. minei* esporádicamente en el huerto de mayor altitud (2230 msnm); en el huerto con gradiente medio (1934 msnm) se tuvieron dos detecciones de su presencia, sin representar una infestación importante; en el huerto de menor gradiente altitudinal Tlayacapan (1736 msnm), se tuvieron condiciones ambientales favorables para el desarrollo de 11 generaciones de la especie. *P. minei* estuvo presente durante todo el periodo de muestreo, los adultos mostraron un incremento poblacional con el descenso de la temperatura, mientras que las ninfas mostraron el efecto contrario, por lo que se determinó que *P. minei* sobrevive al invierno en estado adulto.

Palabras clave: Aleyrodidae, *Paraleyrodes*, moscas blancas, aguacate.

3.2. ABSTRACT

Paraleyrodes minei (Hemiptera: Aleyrodidae) is a whitefly species that has a high damaging potential for avocado crops, and Mexico being the main producer of this crop, this pest is especially important. Because of this, the objective of the present research work was to learn the population fluctuation and altitudinal distribution of *P. minei* whitefly in avocado trees, as well as to determine the number of possible generations per year. The study was done in three, 10-year-old avocado orchards, var. Hass, in Morelos State, located at different altitudes from February 2014 to April 2015. Samples were taken every 21 days from 10 randomly chosen trees in each orchard. The samples were random, 10 leaves from the inner low stratus (1.5 m height) were evaluated; adults and nymphs were directly counted on each leaf. Rainfall, relative humidity, and temperature data were registered. *P. minei* adults were sporadically detected in the highest altitude orchard (2230 masl), while in the medium gradient orchard (1934 masl) two detections of their presence were found, without them representing an important infestation. In the lowest altitude orchard, Tlayacapan 1736 masl), there were favorable environmental conditions for the development of 11 generations of the species. *P. minei* was present throughout the whole study period; the adults showed a population growth as the temperature decreased, while the nymphs showed the opposite behavior. Thus, it was determined that *P. minei* survives the winter in adult stage.

Key words: Aleyrodidae, *Paraleyrodes*, whitefly, avocado.

3.3. INTRODUCCIÓN

La mosca blanca *Paraleyrodes minei* (Aleyrodidae: Aleyrodinae), perteneciente a la subfamilia Alyrodicinae, es conocida comúnmente como “mosca blanca de anidamiento” por la producción de cera en las hembras, con la cual forman un “nido” de hilos blancos sedosos donde depositan sus huevecillos; otras especies del mismo género presentan el mismo hábito (Longo & Rapisarda, 2014).

Se tiene registro de *P. minei* como una plaga común en cítricos, en los cuales se ha reportado en las principales especies cultivadas: *Citrus aurantifolia*, *C. aurantium*, *C. limon*, *C. sinensis* (Longo & Rapisarda, 2014), aunque es una especie que presenta polifagia, ya que también se ha reportado en plantas de distintas familias botánicas como: Annonaceae (*Annona glabra*), Apocynaceae, Araceae (*Anthurium* sp.), Arecaceae (*Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis*, *Syagrus romanzoffiana*), Asteraceae (*Lasianthea fruticosa*), Ericaceae (*Rhododendron* sp.), Euphorbiaceae, Lauraceae (*Persea americana*), Malvaceae (*Hibiscus* sp.), Musaceae (*Strelitzia augusta*), Myrtaceae (*Psidium guajava*), Piperaceae (*Piper* sp.), Poaceae (*Miscanthus sinensis*), Polygonaceae, Rhizophoraceae, Rubiaceae (*Guettarda combesii*), Rutaceae (*Citrus* spp.), Solanaceae (*Lycopersicon* sp.) (García *et al.*, 1992; Martin, 1996; Martin *et al.*, 2000; Evans, 2007; Gerling *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2012).

P. minei fue descrita por vez primera en Siria por Iaccarino (1990); sin embargo, se tiene la hipótesis de que es originaria de la región Neotropical. En América se tienen registros para la región Neártica (Bermudas, México, EE.UU., particularmente en California, Florida y Texas), región Neotropical (Belice, Guatemala, Honduras, Puerto Rico) y la región del Pacífico (Hawai) (Martin, 1996, 2004; Martin *et al.*, 2000; Gerling *et al.*, 2011; Iaccarino *et al.*, 2011).

Hasta hace unos años, la importancia agrícola de *P. minei* estuvo en controversia debido a que sus mayores daños se habían reportado en cultivos cítricos abandonados (Iaccarino, 1990) en Siria; sin embargo, posteriormente, se registró como una importante plaga de los cítricos comerciales y de traspatio, y también se indicó su presencia

infestando huertos comerciales de aguacate, ambos en el sur de California EE.UU. (Bellows et al, 1998), donde su distribución se ha ido incrementando en años recientes, así como sus especies hospederas.

Por lo antes mencionado, se realizó el presente trabajo con el objetivo de conocer la fluctuación poblacional y distribución altitudinal de la mosca blanca de anidamiento *P. minei* en huertos de aguacate en el estado de Morelos, México, así como determinar el número de generaciones por año. La información obtenida puede emplearse en la planeación de programas de manejo o monitoreo de la especie objetivo.

3.4. MATERIALES Y MÉTODO

3.4.1. Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres huertos en el estado de Morelos, situados a diferentes altitudes, en el periodo de febrero de 2014 a abril de 2015. El primer huerto (Tlayacapan) fue representativo de un gradiente altitudinal bajo (1736 msnm) ubicado en el municipio de Tlayacapan (N 18 ° 58' 44.03" W 98° 59' 32.44"). El segundo huerto (Tlalnepantla Baja (B)), fue representativo de un gradiente altitudinal medio (1934 msnm) en el municipio de Tlalnepantla (N 19° 00' 08.78" W 98°59' 26.72"). El tercer huerto (Tlalnepantla Alta (A)) fue representativo del mayor gradiente altitudinal (2230 msnm) en el municipio de Tlalnepantla (N 19 ° 01' 08.54" W 98° 59' 53.63"). Los huertos utilizados para el muestreo tenían una edad de 10 años, pertenecientes a la variedad 'Hass' en edad productiva. Los tres huertos presentaban un manejo convencional con mínima o nula aplicación de plaguicidas.

3.4.2. Identificación de la especie

Se colectaron ninfas de cuarto instar y adultos de la especie, se colocaron en alcohol al 70% y se trasladaron al Laboratorio de Entomología en el Colegio de Postgraduados, donde fueron procesadas e identificadas. La corroboración de la especie fue hecha por el especialista del grupo taxonómico Aleyrodidae, Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

3.4.3. Abundancia y fluctuación poblacional

Para determinar la fluctuación poblacional de adultos y ninfas de *P. minei* se hicieron muestreos cada 21 días en el periodo comprendido de febrero de 2014 a abril de 2015. Se muestrearon 10 árboles seleccionados al azar en cada huerto; en cada árbol se evaluaron 10 hojas maduras para el conteo de adultos y ninfas. Los muestreos se hicieron al azar en el estrato bajo e interno del árbol, a 1.5 m de altura, los adultos y ninfas se contaron de forma directa en cada hoja, con el apoyo de una lupa de 10X.

3.4.4. Variables ambientales

Las variables ambientales registradas fueron precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura, los datos fueron obtenidos con equipos datalogger Extech RHT10 (Extech Instruments Corporation) ubicados en cada huerto y se complementó con información de la Red de Estaciones Agroclimáticas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se estudió la relación de las variables ambientales con las densidades poblacionales obtenidas durante las fechas de muestreo.

Dado que se desconoce el requerimiento térmico para completar el ciclo biológico definido para la especie, se utilizó como referencia el promedio de requerimientos de las especies de mayor importancia presentes en la zona de estudio que son: *Trialeurodes vaporariorum* (380.70 UC) (Osborne, 1982), *Bemisia tabaci* (317.3 UC) (Ahn *et al.*, 2001), *Bemisia argentifolii* (319.70 UC) (Greenberg *et al.*, 2000). De acuerdo con el requerimiento térmico promedio calculado, se estimó el número de generaciones completadas mediante la acumulación de unidades calor (UC), esto para identificar las épocas con condiciones térmicas más favorables para el desarrollo de la plaga. El requerimiento térmico utilizado para *P. minei* fue de 339.2 UC, con una temperatura umbral inferior de 10°C (Murray, 2008).

3.4.5. Análisis estadístico

Se ajustó un modelo de tipo Poisson, para lo cual se utilizaron los datos poblacionales de adultos y ninfas, y se estudió la relación con la precipitación pluvial, humedad relativa y temperatura. Los datos fueron procesados con el software SAS (versión 9.3 de SAS

Institute Inc., Cary, Carolina del Norte). Con la información recopilada de las condiciones de temperatura en cada huerto, se calcularon las unidades calor (UC) con base en la metodología descrita por Allen (1976).

3.5. RESULTADOS

La especie encontrada en los tres huertos de aguacate se identificó como *Paraleyrodes minei* (Iaccarino) (Hemiptera: Aleyrodidae: Aleyrodinae).

3.5.1. Abundancia y fluctuación poblacional

En el conteo hecho en la parcela de Tlayacapan (1736 msnm), se obtuvo un total de 2017 adultos en todo el periodo de muestreo, mientras que se contabilizaron 1180 ninfas. Para la parcela de Tlalnepantla B (1934 msnm) se contabilizaron 111 adultos y únicamente 46 ninfas en hojas. Por último, en la huerta de Tlalnepantla A (2230 msnm) se tuvo un total de 44 adultos y 0 ninfas.

P. minei no se encontró en las tres parcelas muestreadas en todos sus estados de desarrollo, ya que no se encontraron ninfas en la parcela con el mayor gradiente altitudinal (2230 msnm). Los resultados indicaron que la parcela con menor altitud presentó una mayor población de la especie, producto de un mayor registro en los muestreos; esto se reflejó en una proporción de 1.7:1 de adultos: ninfas. Por su parte, en la huerta con altitud media se observó que la población de ninfas fue menor que la de adultos, por tanto se obtuvo una proporción de adultos: ninfas de 2.4:1. La parcela con mayor altitud registró una nula población de ninfas y un bajo número de adultos.

El estudio de la fluctuación poblacional de *P. minei* evidenció que la especie estuvo presente en Tlayacapan en todo el periodo de muestreo (febrero 2014-abril 2015), en al menos uno de sus estados biológicos (Figura 1, A y B). El conteo de adultos en hojas reveló que la población se redujo durante el periodo de lluvias y registró incrementos sostenidos en los meses más fríos (octubre de 2014 a enero de 2015) para después presentar un ligero descenso y luego una tendencia a la alza, acorde con el aumento de temperaturas, a partir de febrero de 2015. En la densidad de ninfas se observó un

comportamiento de disminución en su población, tanto en presencia de las lluvias y más marcado cuando se tuvieron temperaturas bajas (noviembre 2014 a enero 2015) particularmente en el mes de diciembre se tuvo un registró de cero ninfas. Numéricamente, en hojas se tuvo un promedio inicial de 16.8 adultos y una tendencia a la baja hasta finalizar el mes de abril. Posteriormente se registró un pico poblacional al inicio de julio con una marcada disminución hacia el final del mismo mes, donde se registró una media muestral cercana a un individuo, mientras que de agosto de 2014 y hasta el mes de enero de 2015, la población mostró un ligero descenso, para después presentar una tendencia de incremento. Con respecto a las ninfas, se registraron poblaciones más bajas que los adultos muestreados en hojas durante el periodo de estudio, su población presentó incrementos y decrementos desde febrero hasta diciembre de 2014 y posteriormente tuvo una tendencia de incremento con un registró en la última fecha de muestreo de 15.7 ninfas.

En el huerto con altitud media (Tlalnepantla Baja (B)) (Figura 2, A y B) no se tuvo registro de adultos o ninfas desde el inicio del muestreo hasta antes del 15 de agosto de 2014, en esta fecha se tuvo un promedio de 1.3 adultos y 1.5 ninfas, en el siguiente muestreo se tuvo para los dos estados biológicos un promedio de 1.2 individuos, seguido de dos muestreos con cero registros de presencia de *P. minei*. Para el caso de adultos, a partir del mes de noviembre y hasta enero de 2015 se registró un incremento de la población de adultos, para después mostrar una tendencia a la baja. En el muestreo de ninfas se registró su presencia en noviembre y en el resto de los muestreos los registros fueron de cero ninfas.

El huerto con mayor altitud (Tlalnepantla A) (Figura 3, A y B) obtuvieron registros esporádicos de la presencia de adultos de *P. minei*, solo se detectaron en promedio 4.0 adultos en marzo y 0.4 en agosto de 2014. Durante todo el periodo de muestreo no se registró la presencia de ninfas de *P. minei* en los árboles de aguacate.

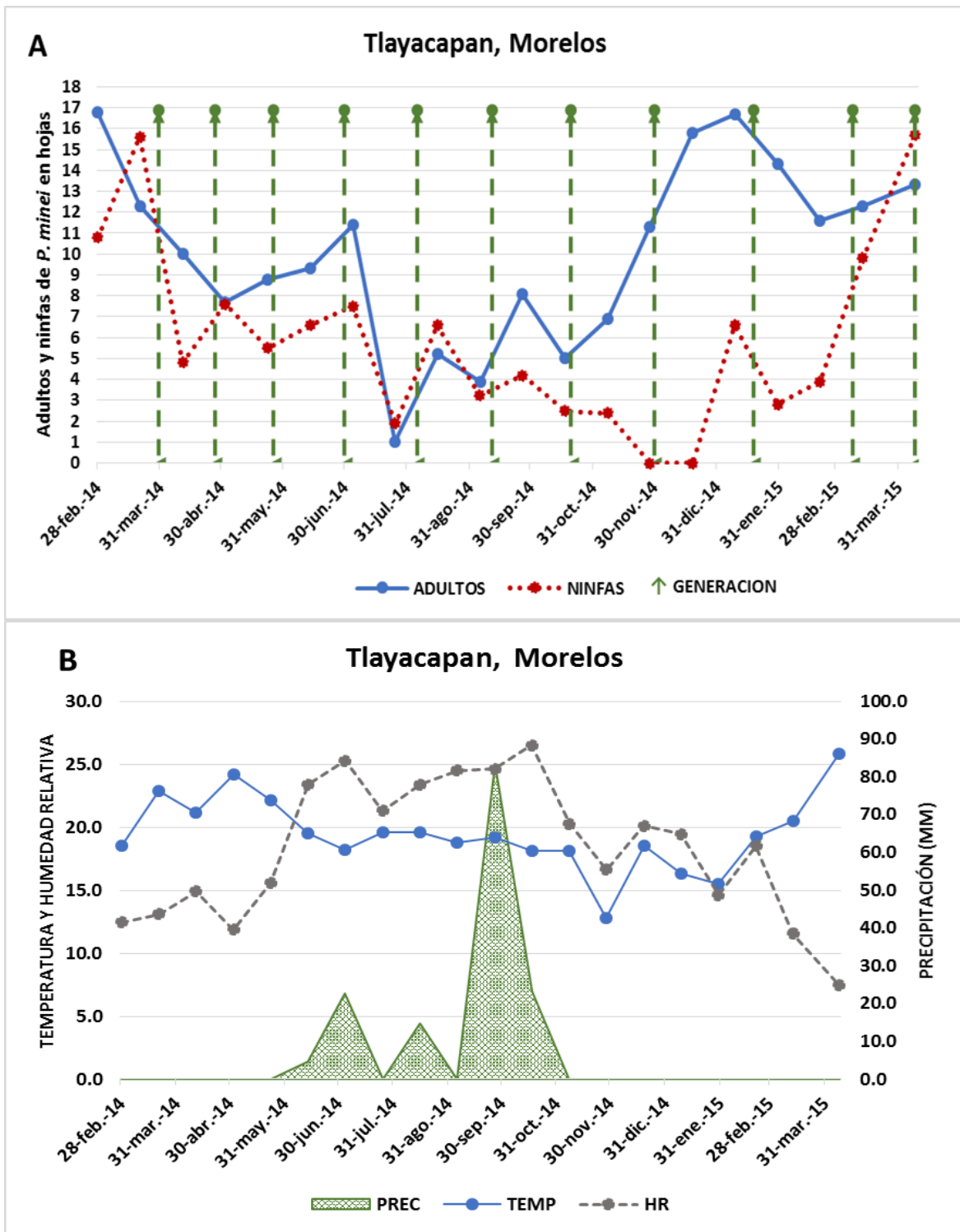


Figura 3. 1. Fluctuación poblacional de *P. minei* y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlayacapan (1736 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa.

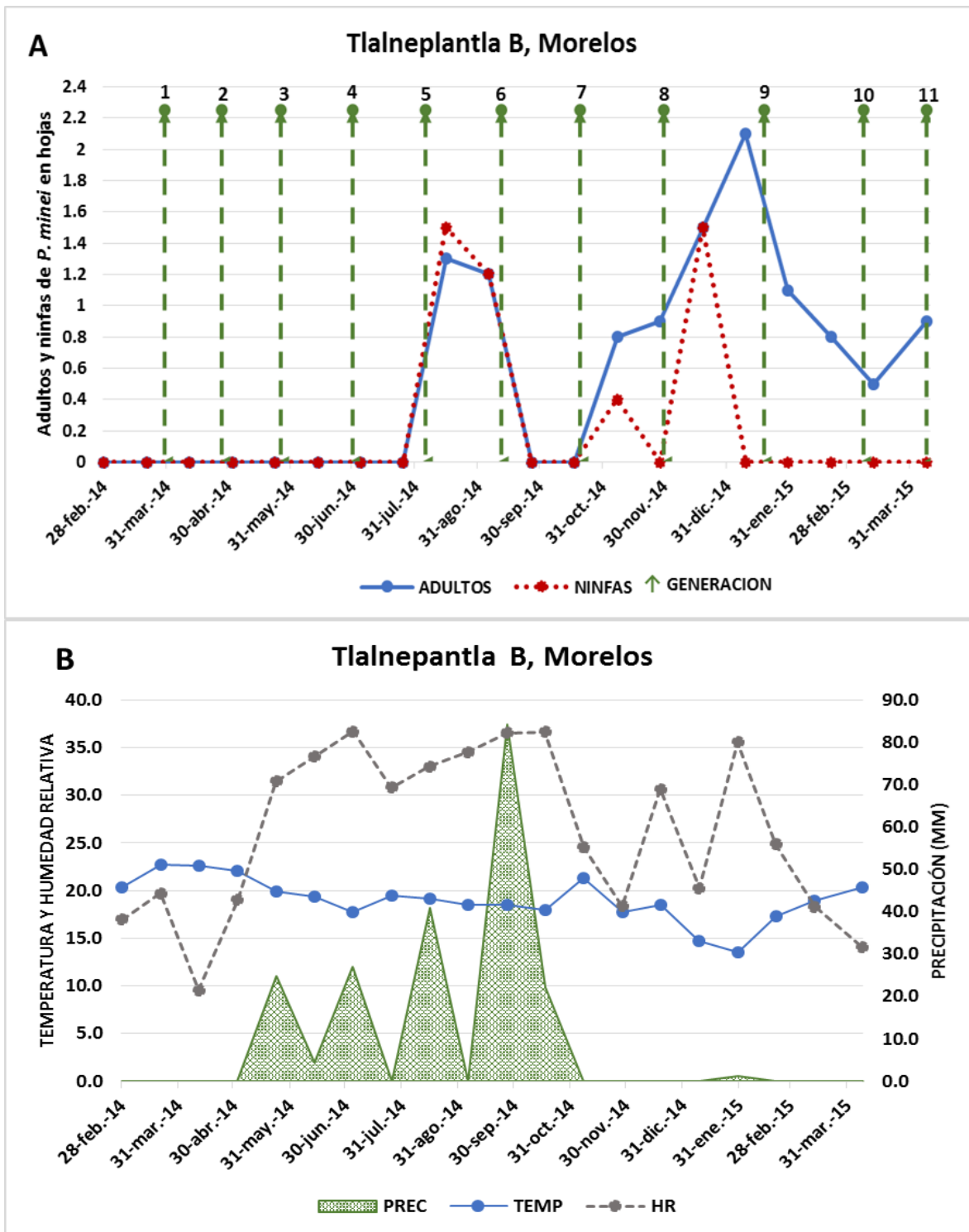


Figura 3. 2. Fluctuación poblacional de *P. minei* y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalneplantla B (1934 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa.

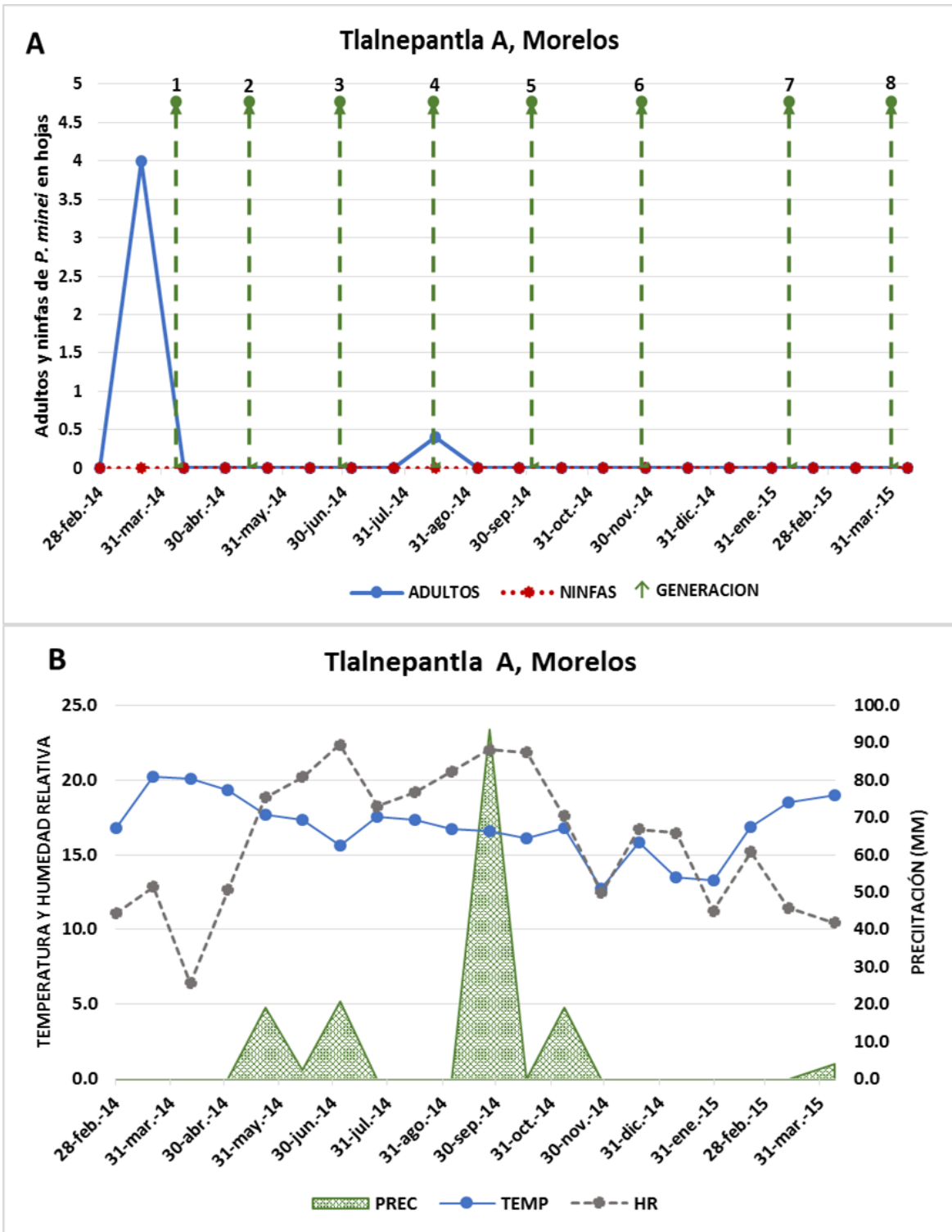


Figura 3. 3. Fluctuación poblacional de *P. minei* y datos climatológicos de febrero de 2014 a abril de 2015, en el huerto Tlalnepantla A (2230 msnm). A) Fluctuación de adultos y de ninfas en hojas y número generaciones; B) Temperatura media, precipitación pluvial, humedad relativa.

3.5.2. Generaciones obtenidas con el cálculo de UC

Derivado del cálculo de las unidades calor (UC) se determinó que, para el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm), se completaron 11 generaciones durante los 432 días que duró el muestreo. Las generaciones más cortas se observaron entre el 02 de marzo y el 02 de junio de 2014, cada una con duración de 31 días y se asociaron con las temperaturas más altas. La generación más larga se observó entre el 26 de octubre y el 12 de diciembre de 2014 con una duración de 48 días, durante el periodo de temperaturas bajas en el sitio de muestreo. El promedio de duración de cada generación fue de 36.9 días en el huerto de Tlayacapan.

En el huerto con gradiente medio Tlalnepantla B (baja) (1934 msnm) se tuvieron las condiciones de temperatura para completar 10 generaciones potenciales de *P. minei*; de manera similar que para el huerto Tlalnepantla A (alta) se tuvieron condiciones propicias para el desarrollo de 8 generaciones de la especie estudiada; sin embargo, la especie objetivo no se presentó en forma constante durante el estudio en estos huertos, solo se tuvieron registros esporádicos y con densidades bajas en comparación con el huerto de Tlayacapan.

3.5.3. Modelo Poisson para análisis de correlación

Los resultados del modelo de Poisson para la estimación de distintos parámetros en los tres huertos de aguacate se presentan en el Cuadro 1. Se indica el estimador obtenido para cada parámetro, así como el intercepto, el error estándar y la probabilidad de valores (Pr) que se asocian con los valores observados de la prueba estadística de Chi-cuadrada.

Los modelos resultantes del análisis son los siguientes: para el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm) λ (AD) = $e^{4.4879+0.015 p-0.0583 t-0.0196 hr}$ y λ (Ni) = $e^{0.0804+0.0237 p+0.1207 t-0.0156 hr}$; para el huerto con gradiente altitudinal medio (1934 msnm) λ (AD) = $e^{4.8254-0.0289 p-0.2588 t-0.0094 hr}$ y λ (Ni) = $e^{-12.7978-0.0342 p+0.3302 t+0.0762 hr}$.

Donde λ = estado fenológico de *P. minei*, p=precipitación pluvial, t=temperatura y hr=humedad relativa.

Los resultados derivados del modelo de Poisson indican que en el caso del muestreo de adultos, en la huerta con menor altitud (Tlayacapan), se observó una relación negativa en la captura con respecto a la temperatura y humedad relativa. Así mismo, mostraron una relación positiva con la precipitación pluvial; sin embargo, no hubo significancia estadística. Respecto a las ninfas, el parámetro de temperatura fue el único que reflejó significancia en el modelo ajustado.

En el huerto Tlalnepantla B, aunque se aplicó el modelo de Poisson, los resultados derivados no fueron congruentes en cuanto a la relación de los parámetros evaluados y la presencia de adultos y ninfas, esto debido a la baja densidad que se tuvo para la especie, por lo que no se pudo determinar de forma contundente la significancia estadística.

En la huerta con mayor altitud (Tlalnepantla A), no se pudo aplicar el modelo de Poisson debido a que no se contó con los datos requeridos para ello. Cabe recordar que solamente en dos fechas de muestreo se detectaron adultos de *P. minei* pero en un promedio muy bajo.

Cuadro 3. 1. Parámetros estimados con el modelo de Poisson en el muestreo de *P. minei* para el número de adultos y ninfas en hojas, en dos huertos de aguacate “Hass” en Morelos, México.

Parámetro	Tlayacapan			Tlalnepantla baja (B)		
	Estimación	Error estándar	Pr > ChiSq	Estimación	Error estándar	Pr > ChiSq
Adultos						
Intercept	4.4879	0.6727	<.0001	4.8254	2.9616	0.1032
PREC	0.015	0.0162	0.3557	-0.0289	0.0601	0.6305
TEMP	-0.0583	0.0252	0.0205	-0.2588	0.1294	0.0454
HR	-0.0196	0.0054	0.0003	-0.0094	0.0234	0.6882
Ninfas						
Intercept	0.0804	1.2013	0.9466	-12.7978	10.3853	0.2178
PREC	0.0237	0.0209	0.2561	-0.0342	0.0631	0.5879
TEMP	0.1207	0.0428	0.0048	0.3302	0.3964	0.4049
HR	-0.0156	0.0079	0.0471	0.0762	0.0577	0.187

3.6. DISCUSIÓN

La presencia y desarrollo de *P. minei* estuvieron determinados por la altitud del huerto de aguacate, al grado de que no se detectó la plaga a una altitud de 2230 msnm, mientras que en un gradiente de 1934 msnm se presentó pero únicamente en un determinado periodo del estudio. González-Santarosa *et al.*, 2014, encontraron una relación similar en su estudio sobre *Trioza aguacate* (Hemiptera: Triozidae) en el cultivo de aguacate, donde el gradiente altitudinal influyó en la presencia o ausencia de la especie estudiada, en sus resultados *T. aguacate* prefirió una mayor altitud, contrario a la preferencia observada en este estudio por *P. minei*.

Su preferencia por la menor altitud puede deberse a que *P. minei* es una especie más común en cultivo de climas cálidos como: anona (*Annona squamosa*), guayaba (*Psidium guajava*), especies del género *Piper*, y algunas especies de cítricos como limón (*Citrus aurantifolia*), naranjo amargo (*C. aurantium*), pomelo (*C. paradisi*) y especialmente en

naranja dulce (*Citrus sinensis*) (EPPO-GD, 2016), la cual generalmente se produce entre 0 y 400 msnm (CONABIO, 2016).

Este comportamiento de *P. minei*, presentándose como plaga de frutales en zonas de menor altitud, ha sido reportado por distintos autores como Longo y Rapisarda (2014) en la región productora de cítricos de Italia, donde es considerada una especie con alto potencial de daño para la citricultura local. También hay registros en Islas Canarias (Hernández *et al.*, 2012) en distintos cultivos como *C. limon*, *C. Sinensis*, *Cocos nucifera*, así como otras plantas nativas; aunque su principal importancia radica como plaga en cítricos, recientemente se registró atacando palmeras ornamentales.

En la huerta con menor altitud (1736 msnm) se observó su presencia durante todo el año, aunque la población de adultos mostró una densidad baja entre los meses de junio a octubre de 2014, lo que correspondió con el periodo de lluvias; sin embargo, la población no desapareció en ningún momento durante el muestreo. Para el estudio de ninfas, se registró su presencia durante la mayor parte del muestreo, pero contrario a lo observado con los adultos, se tuvieron dos evaluaciones con poblaciones de cero ninfas; lo anterior, se puede atribuir a las fechas con la menor temperatura en el huerto. El comportamiento antes descrito podría indicar que los adultos de *P. minei* soportan más las bajas temperaturas en comparación con las ninfas; por tal motivo su densidad incrementó significativamente durante los meses de invierno, contrario a lo observado en ninfas.

Al respecto, el estudio de Bellows *et al.* (1998) correspondió en sus resultados con lo antes descrito. Estos investigadores también encontraron que *P. minei* se presentó durante todo el año en el cultivo de aguacate en el sur de California EE.UU., y que las condiciones ambientales tuvieron un efecto directo en la duración del ciclo biológico de esta especie.

Con respecto a la duración de las generaciones de *P. minei* en la huerta de Tlayacapan, se tuvieron condiciones para once generaciones, este resultado es acorde con lo

reportado por Bellows *et al.* (1998). Además, estos autores encontraron que el ciclo de vida de la especie es más largo (60 días) en invierno que en el verano (20 días), comportamiento similar a lo que se determinó en este estudio, ya que la generación más larga tuvo 48 días y la más corta 31 días, en invierno y verano, respectivamente. Por otro lado, Gerling *et al.*, 2011 reportaron que en Israel, *P. minei* tuvo un máximo de 10 generaciones, con presencia durante los doce meses del año. Dada esta permanencia durante todo el año, pueden representar un problema potencial en los huertos de aguacate que se establecen a altitudes de 1700 msnm o menos.

Con relación a los resultados de la parcela con gradiente altitudinal medio (1934 msnm) y alto (2230 msnm), aunque se tuvieron registros de presencia de ninfas y adultos o solo adultos, los datos obtenidos permiten indicar que hubo factores que influyeron en el establecimiento y desarrollo de *P. minei* en estos huertos. En forma similar, Bellows *et al.* (1998) encontraron que *P. minei* presentó infestaciones bajas en las áreas montañosas en comparación con las áreas costeras de California EE.UU. Tales resultados concuerdan con los registros de este estudio, dado que la presencia de *P. minei* fue permanente en la parcela con menor altitud, y no así en las dos parcelas con gradiente altitudinal medio y alto. Como los citados autores lo indican, esta limitación ambiental puede estar relacionada con la altitud y con la temperatura.

Los resultados del análisis de Poisson para la huerta de Tlayacapan, indicaron que la población de adultos tuvo un efecto positivo con la precipitación pluvial, aunque no se detectó significancia estadística con base en la prueba aplicada (Tlayacapan: $\alpha=0.015$, $Pr=<0.3557$). Por otro lado, los incrementos en la humedad relativa y la temperatura afectaron de forma negativa la presencia de adultos. Por tal motivo, posterior al periodo de lluvias y cuando hubo descenso de la temperatura la población de adultos mostró un incremento.

En contraparte, el desarrollo de ninfas mostró una relación negativa con la humedad relativa y tuvo significancia estadística con el incremento de la temperatura ($\alpha=-0.1207$,

Pr=<0.0048), lo que coincidió con los resultados del muestreo en los meses con temperaturas bajas, donde su población fue menor en comparación con los adultos.

Cabe señalar que la precipitación pluvial resultó con una relación positiva; sin embargo, este puede ser un efecto independiente al desarrollo de *P. minei*, dado que tanto ninfas como adultos se alimentan y desarrollan en el envés de las hojas del dosel interno de los árboles, lo que les provee refugio ante este fenómeno. Caso contrario al efecto que tienen la temperatura y la altitud.

3.7. AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al CONACYT por el apoyo económico otorgado para la realización de estudios de postgrado. Se agradece a los productores Sres. Adelino Huerta, José Luis Sánchez y Ricardo Casales, por las facilidades otorgadas para realizar el estudio en sus huertos. Se agradece al Dr. Vicente Emilio Carapia Ruiz por la corroboración en la identificación de los ejemplares de la especie estudiada.

3.8. REFERENCIAS CITADAS

- Ahn, K. S., Lee, K. Y., Choi, M. H., Kim, J. W. and Kim, G. H. 2001. Effect of Temperature and Host Plant on Development and Reproduction of the Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology 40(3): 203-209.
- Allen, J. C. 1976. A Modified Sine Wave Method for Calculating Degree Days. Environmental Entomology 5(3): 388-396.
- Bellows Jr. T. S., C. Meisenbacher, and D. H. Headrick. 1998. Field Biology of *Paraleyrodes minei* (Homoptera: Aleyrodidae) in Southern California. Population Ecology 27(2): 277-281.
- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 2016. Naranja dulce (*Citrus sinensis*). Disponible en: <http://naturalista.conabio.gob.mx/taxa/54296-Citrus-sinensis#Cultivo> Consultado: mayo 2016.

- European and Mediterranean Plant Protection Organization – Global Database (EPPO-GD). 2016. *Paraleyrodes minei*. Disponible en: <https://gd.eppo.int/taxon/PARYMI/hosts> Consultado: mayo 2016.
- Evans, G. A. 2007. The whiteflies (Hemiptera:Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies. APHIS Computer Version, 708 pp. Disponible en: http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/whitefly/PDF_PwP%20ETC/world-whitefly-catalog-Evans.pdf Consultado: mayo 2016
- García G. E. J, Garrido A. C and García S. S. 1992. Presencia de *Paraleyrodes* sp. pr. *citri* (Bondar, 1931) (Insecta. Homoptera: Aleyrodidae) en los cultivos de cítricos de la provincia de Málaga (sur de España): aspectos biológicos y ecológicos de la plaga. Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas 18, 3–9 pp.
- Gerling, D. Guershon, M. and Seplyarsky, V. 2011. The Aleyrodidae of Israel. Biology, Distribution and Host Plant Associations. Ministry of Agriculture and Rural Development, Plant Protection and Inspection Services, and Tel-Aviv University, Israel, 20 pp.
- Greenberg, S. M., Legaspi, B. C., Jones, W. A. & Enkegaard, A. 2000. Temperature Dependent Life History of *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on Two Whitefly Hosts (Homoptera: Aleyrodidae). Environmental Entomology 29(4): 851-860.
- Hernández, S. E., Martin, J. H. Gill, R. J., Bedford, I. D., Malumphy, C. P, Reyes, B. J. A. and Carnero, A. 2012. The Aleyrodidae (Hemiptera: Sternorrhyncha) of the Canary Islands with special reference to Aleyrodes, Siphoninus, and the challenges of puparial morphology in *Bemisia*. Zootaxa 3212: 1-76
- Iaccarino, F. M, Jesu, R. and Giacometti, R. 2011. *Paraleyrodes minei* Iaccarino 1990 (Homoptera: Aleyrodidae), new species for Italy on *Citrus aurantium* L., 1758. Journal of Entomological and Acarological Research, Ser. II 43, 1–6.
- Iaccarino, F. M. 1990. Descrizione di *Paraleyrodes minei* n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae), nuovo aleirode degli agrumi, in Siria. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria “Filippo Silvestri” 46, 131–149 (in Italian).
- Longo S. and C. Rapisarda. 2014. Spread of *Paraleyrodes minei* Iaccarino (nesting whitefly) in Italian citrus groves. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 44 (3): 529–533.

- Martin, J. H, Mifsud, D. & Rapisarda, C. 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean basin. *Bulletin of Entomological Research* 90: 407–448.
- Martin, J. H. 1996. Neotropical whiteflies of the subfamily Aleurodicinae established in the western Palaearctic (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Natural History* 30: 1849–1859.
- Martin, J. H. 2004. Whiteflies of Belize (Hemiptera: Aleyrodidae). Part 1. Introduction and account of the subfamily Aleurodicinae Quaintance & Baker. *Zootaxa* 681: 1–199.
- Murray, M. S. 2008. Using Degree Days to Time Treatments for Insect Pests. Published by Utah State University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory. 5 pp. <https://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/degree-days08.pdf> (Consultado: 12 de mayo de 2016).
- Osborne, L. S. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*. *Environmental Entomology* 11(2): 483-485.
- SAS Software. 2002. Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.

CONCLUSIONES GENERALES

Se identificaron dos especies de mosca blanca asociadas con el cultivo de aguacate, éstas fueron *Tetraleurodes perseae* Nakahara (Aleyrodinae) y *Paraleyrodes minei* Iaccarino (Aleurodicinae).

T. perseae se presentó en las tres altitudes, lo que indicó que no es afectada por el gradiente altitudinal de las mismas (1736 a 2230 msnm). Además, tuvo condiciones ambientales favorables para desarrollar entre 8 y 11 generaciones en un año. Se determinó una relación positiva de los adultos con los brotes vegetativos del cultivo. Las ninfas de esta especie presentaron un incremento poblacional con el descenso de la temperatura, mientras que los adultos mostraron un efecto inverso, por lo que, se observó que *T. perseae* sobrevive al invierno en estado de ninfa.

P. minei tuvo una distribución limitada el huerto con menor gradiente altitudinal (1736 msnm); aunque se tuvieron detecciones esporádicas de adultos en el huerto de mayor altitud y dos detecciones en el huerto con gradiente medio. Se tuvieron condiciones ambientales favorables para el desarrollo de 11 generaciones de la especie, misma que estuvo presente durante todo el periodo de muestreo. Se determinó un incremento poblacional de adultos con el descenso de la temperatura, mientras que las ninfas mostraron el efecto contrario, por lo que se determinó que *P. minei* sobrevive al invierno en estado adulto.

Se identificó una tercera especie, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) presente solamente en las malezas asociadas con las huertas de aguacate, no se encontraron evidencias de que esta especie se reprodujera en el cultivo en los huertos en donde se realizó el estudio.

REFERENCIAS CITADAS

- Bergh, B. O. 1977. Factors affecting Avocado fruitfulness. En Saults J W, R L Philips, y L K Jackson (eds.). *Proc. First Intl. Trop. Fruit Short Course: The Avocado*. Univ. of Florida, Gainesville. pp. 83-87
- Bink-Moenen, R. M.; Mound, L. A. 1990. Whiteflies: Diversity, Biosystematics and evolutionary patterns. In: *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*, D. Geding, (ed). Intercept, Andover UK. p. 1-11.
- Comisión Michoacana del Aguacate (COMA).2012. Sistema Producto Aguacate: Plan rector estatal. Uruapan, Michoacán. 89 p.
- Davenport, TL. 1986. Avocado flowering. *Hort. Rev. Westport, Conn.* 8: 257-289.
- Dorantes, L., Parada, L and Ortiz, A. 2004. AVOCADO: Post-Harvest Operation. FAO. 3 p.
- Gazit, S. y Degani, C. 2002. Reproductive Biology. En Whiley A. W., Schaffer B. y Schaffer, B. A. *The avocado: botany, production and uses*. CABI Publishing. Oxon. pp. 101-127
- Londoño, Z. M. E.; Bernal, E.; Diaz, D. 2005. Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria. CORPOICA, Centro de investigación La Selva, Rionegro, Antioquia Colombia. Manual Técnico., 5. 241p.
- Sánchez P. J. 1999. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Num. Especial. Pp. 7 -18.
- Sedgley M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in avocado. *Journal of Horticultural Science* 52: 135-141.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Producción Agropecuaria. Producción anual del aguacate por Estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> Consultado: junio del 2016.
- Téliz O., D.; Mora A. G. y Morales L. G. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. 3-16. *En: D. Téliz O. (ed.), El Aguacate y su Manejo Integrado*. Mundi Prensa Libros. México.