

Biología y control químico de la chinche de ala de encaje del aguacate  
(*Pseudacysta perseae*) (Hemíptera: Tingidae)

Por

Edward Rafael Roa de Jesús

Tesis sometida en cumplimiento parcial de  
los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en  
Protección de Cultivos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO MAYAGÜEZ  
2009

Aprobado por

---

Ángel L. González, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Árístides M. Armstrong, M.S.  
Miembro, Comité Graduado

---

Fecha

---

Alejandro E. Segarra, Ph.D.  
Presidente, Comité Graduado

---

Fecha

---

Megh Goyal, Ph.D.  
Representante Escuela Graduada

---

Fecha

---

Miguel A. Muñoz, Ph. D.  
Director Interino del Departamento

---

Fecha

## ABSTRACT

In order to evaluate the behavior and chemical control of the avocado lacewing bug (*Pseudacysta perseae*), an investigation was carried out to evaluate the effectiveness of five insecticides (azadirachtin, imidacloprid, spinosad, pyrethrin + rotenone, and permethrin). Distributional and abundance parameters, such as the preference by leaf size and age, and location of within and among leaves was also determined. The insecticide tests were carried out at the Agricultural Experimental Station of Lajas (18°02'00 " N and 67°04'23 " W), and the lacewing distributional studies at the Agricultural Experimental Station of Juana Díaz. Permethrin and imidacloprid were most effective in controlling the pest in field tests as well as in laboratory tests. Other pesticides controlled the avocado lacewing bug acceptably. Results from field tests suggest that females prefer fully developed (55W x 90L mm), new foliage to oviposit, and also do so preferentially on the basal part of leaves. Spatially, most heavily infested branches occur on south and west orientations.

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar el comportamiento y el control químico de la chinche de ala de encaje (*Pseudacysta perseae*), se llevó a cabo una investigación para evaluar la efectividad de cinco insecticidas (azadirachtina, imidacloprid, spinosad, piretrinas + rotenona, y permetrina). Parámetros de distribución y abundancia, como preferencia por tamaño y edad de las hojas, y localización dentro y entre las hojas también fueron determinados. La investigación sobre los insecticidas se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola de Lajas (18°02'00" N y 67°04'23" W) y en el laboratorio de Nematología del Recinto Universitario de Mayagüez, y la evaluación de la preferencia por tamaño, edad y orientación cardinal de las hojas en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz. Los mejores resultados se obtuvieron con los insecticidas permetrina e imidacloprid, respectivamente, tanto en las pruebas de campo como en las pruebas de laboratorio. Los otros insecticidas controlaron la chinche de ala de encaje aceptablemente. Los resultados de las pruebas de campo sugieren que la hembra prefiere ovipositar en follaje totalmente desarrollado (55 mm de ancho por 90 mm de largo), y también tienen preferencia por la parte basal de las hojas. Especialmente, las ramas con las altas infestaciones son las que se encuentran orientadas hacia el sur y el oeste.

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios.

A mi amada hija, Ashley Soribel Roa Santana y mi amada esposa Soribel Santana Peña.

A mis adorados padres: María Paulina Pujols y Bienvenidos Roa.

A mis queridos hermanos, en especial a Silvia Cesarina Roa de Jesús.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias primeramente a Dios, porque sin Él nada es posible y por colmarme siempre de bendiciones. Gracias a toda mi familia, por brindarme todo su apoyo, especialmente en los momentos en que más lo necesité, cuando sentía que ya no podía, ustedes me dieron ánimo para continuar. Gracias a todos mis compañeros de estudio, en especial a Manuel Pérez Cuevas, José M. García, Alejandro Pujols y Laura Polanco, por estar siempre ahí para apoyarme en los momentos en que los necesité.

Mis más sinceros agradecimientos a Pedro Pablo Peña, por su ardua gestión para lograr que este sueño se hiciera realidad, sin su invaluable esfuerzo esto no habría sido posible. Al Dr. Alejandro Segarra, por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación, por ser mi consejero y formar parte importante en mi conocimiento y desarrollo profesional. Al Dr. Ángel L. González y al Prof. Arístides Armstrong, por orientarme y formar parte de mi comité graduado. A los profesores Raúl Machiavelli, Edwin Abreu, Fernando Gallardo, Carlos Rosario, Jaime Acosta, etc., por haber sido parte importante en mi formación profesional.

Al Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF), por financiar el costo de estos estudios. Gracias al Departamento de Protección de Cultivos y sus secretarías, Jeannette Morales y María Pagán, por toda la ayuda brindada. A Ivonne Ventura y Juan Darío Cruz, por brindarme su apoyo y amistad. Gracias a todos los empleados de la Subestación Experimental Agrícola de Lajas y Juana Díaz, en

especial a Luisa Flores (Lajas), por su valiosa colaboración durante la realización de esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE APÉNDICES.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. <b>Objetivos</b> .....	4
1.1.1. Objetivo General.....	4
1.1.2. Objetivos Específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. <i>Pseudacysta perseae</i> (Heidemann).....	5
2.1.1. Daños.....	6
2.1.2. Ciclo de vida.....	7
2.2. El Aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill).....	8
2.2.1. Plagas.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Localización de las áreas experimentales.....	15
3.2. Determinación del brote a utilizar durante las evaluaciones de campo.....	16
3.3. Efecto de los insecticidas sobre la población de <i>P. perseae</i> en condiciones de campo.....	18
3.4. Evaluación del efecto de los insecticidas sobre la población de <i>P. perseae</i> en condiciones de laboratorio.....	24
3.5. Evaluación del crecimiento de las hojas de aguacate ( <i>Persea americana</i> ) en el tiempo.....	28
3.6. Preferencia de <i>P. perseae</i> por tamaño y posición cardinal de la hoja.....	32

<b>4. RESULTADOS</b> .....	35
4.1 <b>Determinación del brote a utilizar durante las evaluaciones de campo</b> .....	35
4.2 <b>Efecto de los insecticidas sobre la población de <i>P. perseae</i> en condiciones de campo.</b> .....	36
4.3 <b>Efecto de los insecticidas sobre la población de <i>P. perseae</i> en condiciones de laboratorio.</b> .....	39
4.4 <b>Posición de la masa de huevo en las hojas</b> .....	41
4.5 <b>Evaluación del crecimiento de las hojas</b> .....	41
4.6 <b>Preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por hojas de diferentes orientaciones cardinales</b> .....	44
4.7 <b>Preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por tamaño de las hojas de la variedad ‘Buttler’</b> .....	45
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	48
5.1 <b>Efecto de los insecticidas sobre la población de <i>Pseudacysta perseae</i> en condiciones de campo.</b> .....	48
5.2 <b>Efecto de los insecticidas sobre la población de <i>P. perseae</i> en condiciones de laboratorio.</b> .....	50
5.3 <b>Posición en la hoja.</b> .....	51
5.4 <b>Evaluación del crecimiento de las hojas</b> .....	51
5.5 <b>Preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por hojas de diferentes orientaciones cardinales</b> .....	52
5.6 <b>Preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por tamaño de las hojas de la variedad ‘Buttler’</b> .....	53
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	54
6.1 <b>Insecticidas:</b> .....	54
6.2 <b>Patrones de distribución</b> .....	54
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	55
<b>8. LITERATURA CITADA</b> .....	56
<b>APÉNDICES</b> .....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
3.1. Foto de los arbolitos de aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill) en el predio localizado en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas, utilizados para realizar las pruebas con los insecticidas.....	17
3.2. División de los brotes de una rama de aguacate de la variedad 'Buttler', A: división entre el último (hacia la izquierda) y penúltimo brote (hacia la derecha), B: división entre el penúltimo (hacia la izquierda) y antepenúltimo brote (hacia la derecha). Foto tomada 21 de octubre de 2008 en Juana Díaz, Puerto Rico.....	18
3.3. Mapa del predio experimental ubicada en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas, utilizado para las pruebas de insecticidas en campo.....	21
3.4. Atomizador impulsado por CO <sub>2</sub> utilizado para realizar las aplicaciones foliares de los insecticidas.....	22
3.5. A: Boquilla utilizada para la aplicación de los insecticidas. B: forma del chorro emitido por este tipo de boquillas. Foto B tomadas del website de TeeJet ( <a href="http://www.rittenhouse.ca/asp/product.asp?PG=268">www.rittenhouse.ca/asp/product.asp?PG=268</a> ). .....	23
3.6. Forma en que fueron sumergidas las hojas de aguacate en las soluciones de insecticidas para las evaluaciones de mortalidad de <i>P. perseae</i> en condiciones de laboratorio.....	26
3.7. Distribución de los platos petri con cada uno de los tratamientos dentro de la cámara de extracción (Hood) en las evaluaciones de los insecticidas en condición de laboratorios.....	27
3.8. Foto del predio de aguacate ( <i>Persea americana</i> Mill) ubicado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz.....	29
3.9. Mapa del predio de aguacate ubicado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz.....	31
3.10. Brotes recientes del cultivar 'Buttler' marcados con placas plásticas enumeradas para las evaluaciones de crecimiento de las hojas. ....	32
3.11 División de la hoja utilizada para evaluar la preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por posición en la hoja.....	34

4.1. Número de chinches promedio por 10 hojas de los diferentes brotes de una rama de aguacate de la variedad 'Buttler' previo a la primera aplicación de los insecticidas. Letras iguales son estadísticamente similares con LSD al 5%. (1= último, 2= penúltimo, 3= antepenúltimo) .....	36
4.2. Número promedio de <i>Pseudacysta perseae</i> por cada 10 hojas del penúltimo brote de aguacate de la variedad 'Buttler' para cada tratamiento con insecticidas en condiciones de campo en el predio ubicado en Lajas. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con Tukey al 5%.....	37
4.3. Comportamiento de la población de <i>P. perseae</i> durante todo el año bajo los diferentes tratamientos de insecticidas en 10 hojas del penúltimo brote de ramas de aguacate de la variedad 'Buttler', desde marzo 2007 hasta marzo 2008. Números azules sobre los meses representan la secuencia de las aplicaciones (1: primera, 2: segunda, 3: tercera, 4: cuarta y 5: quinta).....	38
4.4. Porcentaje de mortandad corregida de <i>Pseudacysta perseae</i> por tratamiento con insecticidas durante 30 horas en condición de laboratorio. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con Tukey al 5%.....	39
4.5. Comportamiento de la mortandad de <i>Pseudacysta perseae</i> según el tiempo de exposición a los tratamientos con insecticidas en condiciones de laboratorio.....	40
4.6. Histograma de frecuencia relativa de la preferencia de <i>Pseudacysta perseae</i> por posición de en la hoja.....	41
4.7. Comportamiento del crecimiento del ancho de las hojas en milímetros con relación a la edad de las hojas en días (la línea roja indica la edad aproximada a que las hojas alcanzan el ancho máximo). .....	43
4.8. Comportamiento del crecimiento del largo de las hojas en milímetros con relación a la edad de las hojas en días (la línea roja indica la edad aproximada a que las hojas alcanzan el largo máxima).....	43
4.9. Número promedio de huevos por hoja de <i>Pseudacysta perseae</i> por cada punto cardinal en arbolitos de la variedad 'Buttler'. Letras distintas indican diferencias significativas con Tukey al 5%.....	45
4.10. Histograma de frecuencia relativa del ancho de las hojas de aguacate de la variedad 'Buttler' recientemente infestadas con huevo de <i>Pseudacysta perseae</i> .....	46

4.11. Histograma de la frecuencia relativa del largo de las hojas de aguacate de la variedad 'Buttler' recientemente infestadas con huevo de *Pseudacysta perseae*..... 47

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice	Página
1. Tabla de análisis de varianza para el número de <i>Pseudacysta perseae</i> por brote en ramas de aguacate de la variedad 'Buttler' en condiciones de campo en Lajas.....	62
2. Tabla de análisis de varianza para el efecto de los insecticidas en condiciones de campo.....	62
3. Tabla de análisis de varianza para el efecto de los insecticidas en el laboratorio.....	62
4. Regresión para el crecimiento en ancho y largo por la edad de las hojas de aguacate ( <i>persea americana</i> ).....	63
5. Tabla de análisis de varianza para el número de huevos por hoja por cada orientación cardinal. ....	65
6. Tabla de análisis de varianza para la longitud de las hojas infestadas por cada orientación cardinal. ....	65
7. Tabla de análisis de varianza para el diámetro de las hojas infestadas por cada orientación cardinal. ....	65
8. Tabla de análisis de costo de la aplicación de una hectárea para cada uno de los insecticidas utilizados en esta investigación. ....	66

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 1991, Medina-Gaud *et al.*, reportaron por primera vez la presencia de la chinche de ala de encaje del aguacate, *Pseudacysta perseae* (Heidemann), en la isla de Puerto Rico. Han transcurrido varios años y todavía no se conoce un método efectivo de control contra esta plaga, tampoco se conoce cómo la chinche está relacionada con la fenología del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill).

La chinche de ala de encaje es el insecto plaga más serio y debilitante del aguacate en Puerto Rico (Medina-Gaud *et al.*, 1991). En Cuba, la chinche ocasiona pérdidas económicas desde 10 hasta 90 % de la cosecha, donde más del 71 % de los productores de aguacate utilizan los insecticidas carbamato, imidacloprid y permetrina como principal método de control (Morales *et al.*, 2002). Estos autores también informan la detección de resistencia de los insectos a los insecticidas. En la República Dominicana ocasiona pérdidas económicas desde 40% hasta 90 % de la cosecha, donde se utilizan los insecticidas permetrina, deltametrina, cipermetrina y aceite agrícola como método de control (Nolasco, 2008). Basado en estimados de producción, en Puerto Rico se calculan pérdidas desde un 5% hasta un 25% de la producción (\$200,000 hasta 1 millón de dólares) por año debido a esta plaga (Segarra, A., 2005, Comunicación Personal).

En Puerto Rico, el aguacate tiene una producción anual aproximada de 2,800 toneladas métricas, con un valor aproximado de \$6 millones (FAO, 2007). Esta producción sitúa al aguacate en cuarto lugar de importancia entre los frutales, luego

del guineo, los cítricos y los mangos. Existen aproximadamente 900 hectáreas sembrada con este cultivo, lo que refleja un aumento en la producción comercial de 150 hectáreas en los últimos 10 años (FAO, 2007). Un factor importante para este aumento en producción es el buen precio de la fruta y su atractivo como alternativa de producción al guineo (afectado por la reciente introducción de la sigatoka negra, *Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y del mango (amenazado por la posibilidad de la introducción del picudo de la semilla, *Sternochetus mangiferae* Fabricius).

Los insecticidas se usan continuamente contra plagas en todo el mundo, pero afectan también a insectos benéficos, particularmente parasitoides adultos y depredadores (Croft, 1977; Aguilera, 1989). En ocasiones esto provoca que las plagas resurgen al quedar libres de sus agentes naturales de control (Aguilera, 1989). Estos compuestos pueden causar en los insectos benéficos efectos agudos, y producirles la muerte, o efectos subletales que alteran su fisiología (fecundidad, fertilidad, longevidad, etc.) y comportamiento (repelencia, dificultades para reconocer el huésped, etc.) (González y Viñuela, 2000, citando a Theiling y Croft, 1989).

En Puerto Rico, se usan los insecticidas permetrina, metomilo, imidacloprid y piretrina + rotenona, con el propósito de controlar las poblaciones de *P. perseae*. Todos los insecticidas utilizados para controlar la chinche brindan cierto nivel de control, pero algunos tienen características físico-químicas que los hacen persistentes contaminando el medio ambiente (Peña y Johnson, 2003). Existe la alternativa de usar insecticidas de 'Riesgo Reducido' (EPA, 2007) que tienen un

impacto menor al ambiente. Entre los insecticidas utilizados en Puerto Rico se desconoce cuáles son más efectivos para su control. Conocer los insecticidas más efectivos ahorraría a los productores dinero y evitaría el exceso de uso. También se desconoce el comportamiento de *P. perseae*, como por ejemplo, su distribución espacial en los árboles o la edad fisiológica de las hojas atacadas. Conocer la distribución y la etapa susceptible del aguacate, permitiría a los productores reducir la cantidad de aplicaciones.

El propósito de esta investigación es evaluar la efectividad de insecticidas considerados de 'Riesgo Reducido'. Además obtener información sobre la interacción del *P. perseae* con el árbol de aguacate que permita la elaboración de un programa de fitoprotección coherente y científico. Esto podría ayudar para lograr un buen control de *P. perseae* y a la vez garantizar la integridad del medio ambiente.

## 1.1. **Objetivos**

### 1.1.1. Objetivo General

Recopilar información que permita optimizar el uso de insecticidas para controlar la chinche de ala de encaje, enfatizando en un mejor conocimiento de la efectividad de plaguicidas registrados y de 'Riesgo Reducido', y mediante un mejor conocimiento de la biología de la plaga bajo condiciones de cultivo.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar la acción de insecticidas, incluyendo alternativas de 'Riesgo Reducido,' sobre la población de *P. perseae* en campo y laboratorio
2. Evaluar aspectos importantes de la biología de *P. perseae* como lo son: la preferencia fenológica por tamaño y edad de las hojas, y por la posición cardinal de las hojas

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. *Pseudacysta perseae* (Heidemann)

La chinche de ala de encaje del aguacate, *Pseudacysta perseae* (Hemíptera: Tingidae), fue descrita como *Acysta perseae* por Heidemann (1908), utilizando especímenes colectados de 1897 a 1907 en árboles de aguacate de la Florida (USA). Blatchley (1926) lo separó del género *Acysta*, Champion (1898), estableciéndolo en su propio género *Pseudacysta*. Después de 83 años desde su descripción, la chinche de ala de encaje del aguacate tenía una distribución geográfica limitada, principalmente en la Florida peninsular (USA), donde fue un insecto de importancia económica ocasional (Mead y Peña, 1991). Recientemente, su importancia ha aumentado en Florida, y se han informado poblaciones perjudiciales en Puerto Rico (Medina-Gaud *et al.*, 1991), en Cuba (Morales *et al.*, 2002) y en la República Dominicana (Abud Antón, 1991). Morales y Grillo (2004), señalan que en Cuba, *P. perseae*, se ha convertido en la peor plaga para el cultivo del aguacate, a tal punto que se puede afirmar que no es posible encontrar un árbol de aguacate que no tenga la presencia de la misma, así como sus daños.

En Puerto Rico, el principal hospedero es el aguacate. Además se indica que ninguna variedad de aguacate escapa al daño del insecto (Mead y Peña, 1991). Cabrera y Vargas (1997) evaluaron la preferencia varietal de *P. perseae*, utilizando las variedades 'Ávila', 'Semil 34', 'Wilson Popenoe', 'Pollock', 'Candelaria', 'Semil 43' y 'Buttler', por ser las variedades comerciales de aguacate más cultivadas en Puerto Rico. Ellos observaron que en la variedad 'Ávila' se obtuvo el mayor número de

huevos, ninfas, hembras y machos por hojas de *P. perseae*. También resultó ser la variedad con el mayor número de hojas infestadas por árbol; sin embargo, ninguna de las variedades estudiadas mostró baja o ninguna preferencia.

### 2.1.1. Daños

Este insecto confina su daño a la parte inferior de la hoja, donde se alimenta extrayendo los jugos del follaje. La alimentación causa una destrucción gradual de las células, la cual corresponde a áreas cloróticas que luego se vuelven necróticas. El daño principal causado por *P. perseae* es la destrucción de las células debido a su hábito de alimentación y su aparato bucal chupador. El ataque severo llega a causar la caída de las hojas, provocando defoliación total en plantaciones (Peña, 2003b). Es posible encontrar arbolitos de aguacate defoliados parcial o totalmente en los viveros, plantaciones en fase de crecimiento y plantaciones con árboles en producción (IDICT, 2003; Almaguel *et al.*, 1999). En Cuba se observó que en árboles completamente expuestos al sol, el follaje perteneciente al cuadrante sur – oeste resulta ser el primero en experimentar la defoliación, debido a que esta zona del árbol recibe la mayor cantidad de radiación solar (Morales y Grillo, 2007). Peña *et al.* (1998), citados por Peña (2003b), obtuvieron un efecto negativo sobre la fotosíntesis debido a la alimentación de *P. perseae*, donde la reducción aproximada del 50 % de la fotosíntesis causa aproximadamente una reducción de 40 % en la producción. Según Mead y Peña (1991), los daños causados por la actividad de *P. perseae* parecen provocar la infectación de las hojas con antracnosis, *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

Efectos similares a los anteriores se han encontrado para otras chinches de ala de encaje, por ejemplo, el de la chinche de azalea, *Stephanitis pyrioides* Scott (Hemíptera: Tingidae) (Buntin *et al.*, 1996). Estos autores indican que *S. pyrioides* redujo la fotosíntesis de la hoja restringiendo la capacidad de cambiar gases (CO<sub>2</sub> y oxígeno) de las superficies dañadas.

### 2.1.2. Ciclo de vida

Los huevos de *P. perseae* son de color amarillo pálido con un borde blanco en la tapa. Cada huevo es cubierto por una oscura, espesa y pegajosa secreción de los insectos adultos (Heidemann, 1908; Hernández *et al.*, 2004).

Las ninfas, al final de la cuarta etapa de su desarrollo, son de color amarillo oscuro, con la excepción de la base hacia el abdomen, donde el color se vuelve más ligero con algunas pequeñas manchas rojizas dispersas. Los márgenes laterales del abdomen son de color blanco amarillento, un poco engrosada y redondeadas en la punta, la cabeza es marrón. El tórax muestra algunas manchas oscuras, con márgenes laterales de color blanco amarillento, casi transparente. Las almohadillas alares, que se extienden al quinto segmento abdominal, son totalmente translúcidas con excepción de unas negruzcas estrías en la base. La parte dorsal del abdomen más o menos moteado con rojizo y marrón (Heidemann, 1908).

En los adultos de *P. perseae* los colores contrastan bruscamente de negro brillante a blanco amarillento. La cabeza es negra, con dos antenas pequeñas y

delgadas que convergen en la frente, las cuales son de color blanco amarillento. Los ojos son marrón oscuros. El tórax es negro brillante, con un estrecho borde amarillento; con márgenes laterales translúcidos, de color blanco amarillento. Los últimos segmentos abdominales en las hembras son ampliamente redondeados en el ápice. En el macho estos son oblongos, con el borde fuertemente curvado en la punta. Las patas son blanco amarillentas, con excepción de las garras que son negruzcas. Miden 2 mm de largo y 0.8 mm de ancho (Heidemann, 1908; Hernández *et al.*, 2004).

El ciclo total de vida del insecto suele ser de aproximadamente 22 días, desde el estado de huevo hasta el adulto (Mead y Peña, 1991). Los huevos duran en promedio 10 días para eclosionar. El estado ninfal puede ser de 11.89 días, repartidos de la siguiente manera: primer instar, 2.44 días; segundo instar, 2.67 días; tercer instar, 2.57 días y cuarto instar, 4.21 días (Zapete y Brujan, 1992). En Florida esta chinche de ala de encaje comienza a establecerse en las plantaciones desde enero hasta marzo (Peña, 2003b). Estudios bioecológicos sobre *P. perseae* realizados en Cuba, indican que el ciclo biológico total de esta especie es de 28 días a 25 °C y de 21 días a 30 °C (Morales *et al.*, 2002).

## **2.2. El Aguacate (*Persea americana* Mill)**

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un árbol polimorfo que proviene de una amplia área geográfica que se extiende de las tierras altas del este y centro de Méjico, por Guatemala hasta la costa del pacífico de Centroamérica (Popenoe,

1920). Según Scora *et al.* (2002), se reconocen tres subespecies, ecológicamente separadas: *P. americana* var. *americana* Mill (Antillano o de tierras bajas); *P. americana* var. *guatemaltensis* Williams (aguacates guatemaltecos); y *P. americana* var. *drymifolia* [Schlect + Cham.] (aguacates mejicanos). La mayor parte de las variedades cultivadas en Puerto Rico son de origen antillano, aunque algunas son híbridos de origen guatemalteco x antillano (Toro, E., 2005, comunicación personal). Mundialmente, las áreas cosechadas de aguacate en el año 2005 fue de 411,728 ha, donde la producción alcanzó 3,284,340 toneladas métricas (TM), con un rendimiento de 7,986 TM/ha (FAO, 2007).

En Puerto Rico, el aguacate es el cuarto frutal en importancia económica, luego del mango, los cítricos y la piña (Román, 2005). Durante los últimos años se han establecido varios huertos de aguacate de variedades selectas en escala comercial. Las principales variedades sembradas son 'Ávila', 'Candelaria', 'Wilson Popenoe', 'Buttler', 'Semil 34' y 'Semil 43' (Cabrera y Vargas, 1997).

Durante su evolución, el aguacate desarrolló diferentes estrategias de adaptación. Una de ellas es la de producir varios flujos de crecimiento vegetativo, compuestos de hojas de vida corta, pero adaptadas a la sombra y que en su búsqueda por luz crecen en brotes terminales, alejados del tronco y en la periferia del árbol (Wolstenholme y Whiley, 1999). El fruto de aguacate demanda mucha energía y tiene gran dependencia de las reservas del árbol (Wolstenholme, 1986). Esto hace que la estrategia del árbol de aguacate sea de alta eficiencia para captar, almacenar, conservar y reciclar carbohidratos y reservas minerales, haciéndolo

parecer como un árbol cuya producción es barata en cuanto al gasto en fertilizantes (Salazar-García *et al.*, 2007).

El árbol maduro de aguacate tiene dos (a veces tres) flujos vegetativos durante el año. El flujo vegetativo de invierno ocurre simultáneamente en la floración (enero-febrero), es el de mayor intensidad y es el que más contribuye a la producción de inflorescencias del año siguiente. El flujo vegetativo de verano, se presenta cuando el periodo de lluvias se ha establecido (julio-agosto) y tiene una importancia intermedia para la floración (Salazar-García *et al.*, 2006).

La vida de las hojas en el aguacate puede variar según el flujo vegetativo en que se origine, la demanda de nutrimentos y otros compuestos en etapas críticas de la fenología del árbol, así como la presencia de estreses que causen o aceleren su abscisión (Xuan *et al.*, 1999; Roets *et al.*, 2006). Por otra parte, Whiley (1990) ha demostrado que las hojas del aguacate 'Hass' se convierten en exportadores netos cuando alcanzan el 80% de su tamaño final, esto es, más o menos a los 40 días luego de la brotación. La máxima eficiencia fotosintética se alcanza alrededor de los 60 días después del rompimiento de la yema, cuando la caída de frutos ya se estabilizó.

### 2.2.1. Plagas

El aguacate tiene diversas plagas que dificultan su producción. Entre ellas está *P. perseae* la cual se ha convertido en la plaga principal de este cultivo

(Cabrera y Vargas, 1997). *P. perseae* conocida como la chinche de ala de encaje del aguacate se detectó por primera vez en Puerto Rico en el año 1990 (Medina et al., 1991).

Otras plagas que atacan a este cultivo reportadas por Martorell (1976) son: pertenecientes a los órdenes: Coleóptera (*Apate monacha* F., *Callosobruchus maculatus* F. y *Diaprepes abbreviatus* L.); Homóptera (*Idona minuenda* Ball., *Oliarus complectus* Ball., *Ilesia nefuscata* Caldwell, *Melorenis antillarum* Kirkaldy, *Aphis gossypii* Glover, *Aphis spiraecola* Patch, *Ceroplastes floridensis* Comstock, *Saissetia coffeae* Walker, *Saissetia oleae* Olivier, *Aonidiella orientalis* Newstead, *Aspidiotus destructor* Signoret, *Furcaspis biformis* Cockerell, *Pseudischnaspis bowreyi* Cockerell y *Nipaecoccus nipae* Maskell); Isóptera (*Prorhinotermes simplex* Hagen, *Nasutitermes costalis* Holmgren); Lepidóptera (*Oiketicus kirbyi* Guilding); y Thysanoptera (*Haplothrips (Karnyothrips) flavipes* Jones y *Selenothrips rubrocinctus* Giard). Estos insectos causan daños al follaje, las raíces, las flores y los frutos.

#### 2.2.1.1. Control químico

La mayoría de los insecticidas funcionan interfiriendo con el sistema nervioso de los insectos o algunas de sus funciones. Estos insecticidas son seguros a la salud cuando se aplican según las instrucciones de la etiqueta. Sin embargo, las aplicaciones incorrectas o el mal uso de estos productos pueden ser capaces de afectar adversamente a todos los vertebrados. Entre estos animales se incluyen a los peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos y para aumentar la seguridad y

reducir el peligro de una mala aplicación se han buscado nuevos enfoques para el control de insectos, utilizando métodos que interfieran con sus sistemas vitales y que no sean compartidos por los vertebrados, como son los reguladores de crecimiento y los inhibidores del desarrollo de los insectos (Marinoff *et al.*, 2002).

Se ha señalado que todos los insecticidas registrados para uso en aguacate proporcionan algún control de la chinche de ala de encaje (*P. perseae*). Las aspersiones deben ser dirigidas hacia debajo de las hojas y repetirlas a intervalos de aproximadamente dos semanas, hasta que el control se haya alcanzado (University of Florida, 1998.).

Según la EPA (2007), los plaguicidas de 'Riesgos Reducidos', son plaguicidas que suponen tener menos riesgos para la salud humana y el medio ambiente que las alternativas convencionales existentes, donde estos últimos tienen efectos neurotóxicos, cancerígenos, queratogénicos, reproductivos y son contaminantes de las aguas subterráneas. Las ventajas de los plaguicidas de 'Riesgo Reducido' sobre los plaguicidas convencionales son: bajo impacto en la salud humana, menor toxicidad para organismos no objetivo (aves, peces, plantas), bajo potencial de contaminación de las aguas subterráneas, bajas tasas de utilización, bajo potencial de las plagas crear resistencia y gran compatibilidad con las prácticas de manejo integrado de plagas (EPA, 2007).

Se han realizado algunos estudios sobre el control químico de la chinche. Peña (1992), evaluó el efecto de los insecticidas permetrina, metomilo, piretrina,

malación y clorpirifos sobre las poblaciones de *P. perseae* en pruebas de laboratorios y de campo. En los resultados de las pruebas de laboratorio observó que a las 24 horas después de iniciado el experimento la mortandad de los adultos tuvo un rango entre 70% hasta 95%, donde los insecticidas más efectivos fueron permetrina, metomilo, malacion y clorpirifos, seguidos por piretrina + rotenona,. Durante las pruebas de campo todos los insecticidas redujeron significativamente la densidad poblacional de adultos cuatro días después de las aplicaciones, con excepción del clorpirifos.

Hoddle *et al.* (2007), evaluaron el efecto residual de seis insecticidas (carbaryl, imidacloprid, spinosad, abamectina, aceite agrícola y fenpropatrina) sobre la población de ninfas de *P. perseae*, entre tres a 112 días después de la aplicación. Los insecticidas carbaryl, imidacloprid y fenpropatrina fueron los que tuvieron el mayor control. Con imidacloprid la mortandad de *P. perseae* aumentó desde 23 hasta alcanzar el 100%, cuando este fue aplicado al suelo. Este tratamiento se mantuvo efectivo a través de los 112 días después de la aplicación. De los insecticidas que se aplicaron directamente al follaje, los mejores resultados se obtuvieron con el carbaryl, con una mortandad de 100% en todos los ensayos. El segundo mejor tratamiento foliar fue fenpropatrina, con 100% de mortandad a los 77 días después de la aplicación y se observó baja efectividad a los 112 días con tan solo 36.6% de control. Spinosad, abamectina y los aceites fueron eliminados como candidatos para el control de *P. perseae* porque la mortandad estuvo por debajo de 20% en las primeras dos pruebas (tres y siete días después de la aplicación). Es

importante mencionar que dos insecticidas ampliamente usados en el cultivo comercial de aguacate en California (abamectina y spinosad) tuvieron baja eficacia contra *P. perseae*, según Hoddle *et al.* (2007). Estos autores también evaluaron el efecto de seis tratamientos con insecticidas (piretrina, piretrina + jabón agrícola, piretrina + rotenona, azadirachtina, aceite agrícola y jabón agrícola) sobre la mortandad de ninfas de *P. perseae* a las 72 horas después de la aplicación. La piretrina tuvo el mejor control como insecticida de contacto, aunque cuando se usó mezclado con jabón o aceite agrícola el control no fue tan eficiente como cuando se utilizó sólo. La azadirachtina tuvo bajo impacto sobre las ninfas de *P. perseae*.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de las áreas experimentales

Las evaluaciones en condiciones de campo se realizaron en predios de aguacate (*Persea americana* Mill) ubicados en la Subestaciones Experimentales de Lajas y Juana Díaz del Colegio de Ciencias Agrícolas. Las evaluaciones en condiciones de laboratorios se realizaron en el laboratorio de nematología del Recinto Universitario de Mayagüez. La Subestación Experimental Agrícola de Lajas está localizada en el Valle de Lajas, en el suroeste de la Isla de Puerto Rico. Su ubicación geográfica es Latitud 18°02'01" N, Longitud 67°04'19" W. Se encuentra a una altura de 28 metros sobre el nivel del mar (Google Maps, 2008). Tiene una pluviometría de 1,100 mm al año, con una época lluviosa de agosto a noviembre, y una época seca de enero a marzo. La temperatura máxima promedio es de 31 °C y la temperatura mínima promedio es de 18 °C. Está ubicada en la zona ecológica de los llanos costeros áridos del sur (EEA, 2002-2003).

El predio localizado en Subestación Experimental Agrícola de Lajas cuenta con 96 arbolitos de la variedad 'Buttler', fue sembrado el 15 de noviembre de 2005, espaciados a 9 metros por 7 metros, y organizados en un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA). Árboles rompe vientos rodean los bloques experimentales para prevenir los efectos de flujo de vientos.

Los patrones de abundancia de *P. perseae* en las plantas por posición en la hoja, tamaño y edad, y orientación cardinal de la hoja se llevaron a cabo en un

predio localizado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz. Esta Estación Experimental se encuentra ubicada en la costa sur de Puerto Rico en la Carretera # 510, Km. 3.2, en el Barrio Sabana Llana, en la latitud 18°01' 39. 1" N y longitud 66° 31' 33. 2" W, con una elevación de 31 metros sobre el nivel del mar (Google Maps, 2008). Tiene una pluviometría de 760 mm al año, no son raros los años secos, con alrededor de 380 mm, o los años lluviosos, con alrededor de 1,500 mm. La temperatura máxima promedio 29 °C y la temperatura mínima promedio 20 °C (EEA, 2002-2003). El predio localizado en Juana Díaz fue sembrado el 15 de marzo de 2006, espaciado a 9 metros por 9 metros, está plantado de las variedades 'Semil 34', 'Ávila', 'Simmons', 'Buttler' y 'Wilson Popenoe'; se plantaron 27 árboles de cada una de las variedades, en tres réplicas de 9 árboles en cada una. Para realizar las evaluaciones se eligieron los arbolitos de la variedad 'Buttler'.

### **3.2. Determinación del brote a utilizar durante las evaluaciones de campo.**

Con el objetivo de determinar el área de la rama de la planta de aguacate que se debía muestrear, se procedió a realizar un muestreo previo para evaluar en qué brote se encuentra la mayor cantidad de *P. perseae*. Para este muestreo se utilizaron los 96 arbolitos del predio ubicado en la Estación Experimental Agrícola de Lajas (Figura 3.1). Se eligió una rama al azar de cada arbolito y se registraron los conteos de adultos de *P. perseae* presentes en el último, penúltimo y antepenúltimo brote de cada rama (Figura 3.2). Luego se realizó un análisis de varianza y una separación de medias, utilizando LSD al 5% a los datos obtenidos para determinar cómo estaba distribuida la población de *P. perseae* en la rama.



Figura 3.1. Foto de los arbolitos de aguacate (*Persea americana* Mill) en el predio localizado en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas, utilizados para realizar las pruebas con los insecticidas.

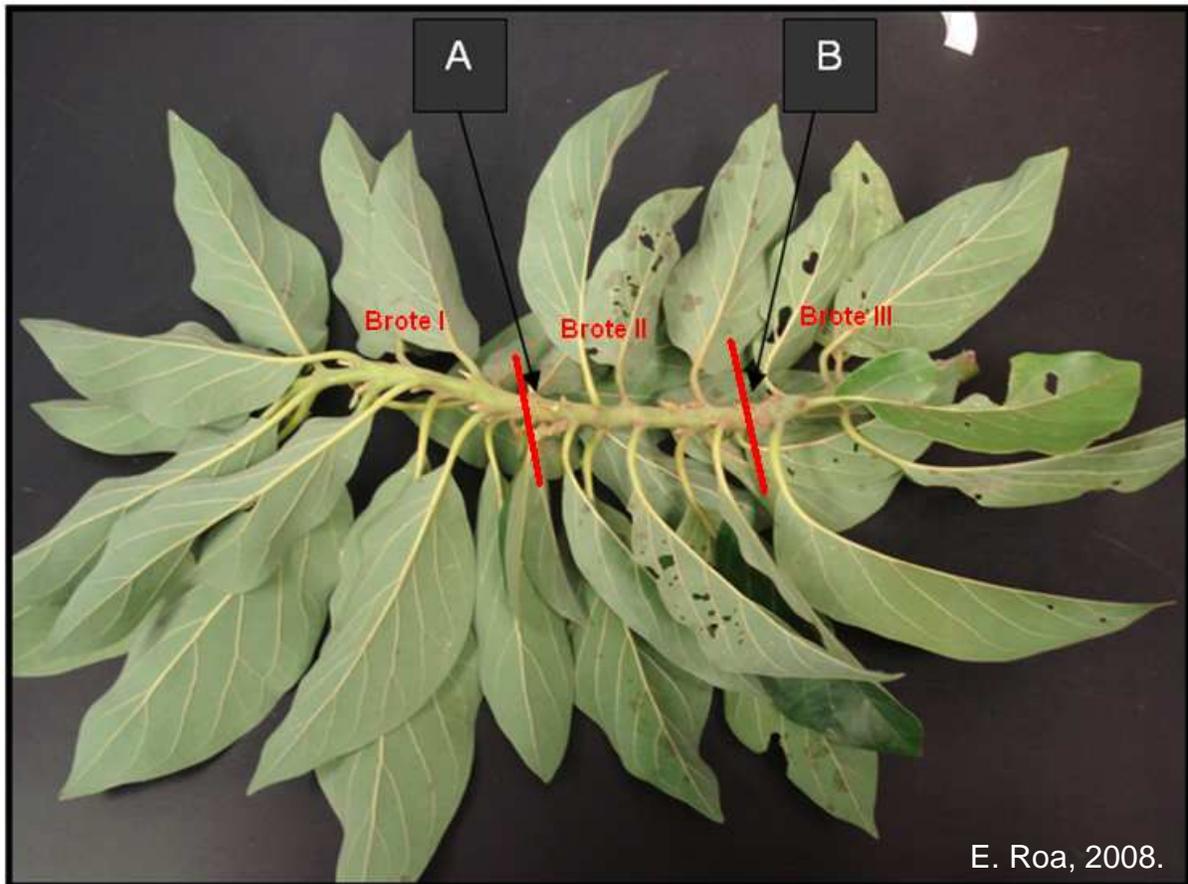


Figura 3.2. División de los brotes de una rama de aguacate de la variedad 'Buttler', A: división entre el último (hacia la izquierda) y penúltimo brote (hacia la derecha), B: división entre el penúltimo (hacia la izquierda) y antepenúltimo brote (hacia la derecha). Foto tomada 21 de octubre de 2008 en Juana Díaz, Puerto Rico.

### 3.3. Efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de campo.

Con el objetivo de evaluar el efecto de insecticidas de 'Riesgo Reducido' sobre las poblaciones de *P. perseae*, se realizaron evaluaciones durante un año. Para lograr este objetivo se utilizaron los 96 arbolitos del huerto establecido en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas. Estos fueron tratados con tres insecticidas de 'Riesgo Reducido': 1) Alias 2F (imidacloprid) a razón de 378 ml/ha

(3,228.40 ppm i.a.), 2) Spintor 2SC (spinosad) a razón de 270 ml/ha (2,457.70 ppm i.a.), 3) Neemex 4.5 (azadirachtina) a razón de 432 ml/ha (775.17 ppm i.a.), y dos insecticidas convencionales 1) Pounce 3.2 EC (permetrina) a razón de 432 ml/ha (4,323.70 ppm i.a.), 2) Pyrellin (piretrina + rotenona) a razón de 862 ml/ha (550.81 ppm i.a.). Se utilizaron las dosis más bajas indicadas en las etiquetas de cada insecticida, debido a que los arbolitos se encontraban en la etapa de desarrollo vegetativo. Se tuvo un control basado en aplicaciones de agua. Cada tratamiento de insecticida fue aplicado a cuatro arbolitos en cada uno de los cuatro bloques, para un total de 16 arbolitos por cada insecticida.

Para realizar las aplicaciones en el predio experimental se calibró el equipo de aplicación, realizando una aplicación de agua a 16 arbolitos para determinar la cantidad de agua necesaria para realizar la aplicación y se determinó que con 3.7854 litros de agua se aplicaban los 16 arbolitos correspondientes a cada insecticida. Basado en esta calibración, se procedió a preparar 3,785 ml de solución para cada insecticida. Se aplicó la dosis más baja indicada en la etiqueta en cada uno de los insecticidas. Según estas indicaciones las cantidades aplicadas fueron: 57.1 ml de imidacloprid, 40.8 ml de spinosad, 65.2 ml de azadirachtina, 65.2 ml de permetrina y 130.3 ml de piretrina + rotenona; a cada solución se le agregó 10 ml de adherente Joint Venture (organosilicona modificada), incluyendo las aplicaciones con agua al tratamiento control, y exceptuando al imidacloprid ya que se aplicó al suelo.

En la Figura 3.3 se muestra cómo estuvo la distribución de los tratamientos en el campo, se pueden observar cuadros de diferentes colores, cada color indica donde estuvo asignado cada uno de los tratamientos. El color rojo indica el tratamiento con azadirachtina, el azul turquesa indica el tratamiento con imidacloprid, el verde indica el tratamiento con spinosad, el gris indica el tratamiento control, el amarillo indica el tratamiento con Piretrina + rotenona, y el color mamey indica el tratamiento con permetrina. Los números en romano indican la distribución de los bloques.

También se pueden observar combinaciones de tres números, donde el primer número indica el número de bloque, el segundo número indica el número del tratamiento (1: azadirachtina, 2: imidacloprid, 3: spinosad, 4: control, 5: piretrina + rotenona, y 6: permetrina) y el tercer número indica el número de cada arbolito dentro de cada tratamiento.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	131	132	141	142	211	212	231	231
2	133	134	143	144	213	214	233	234
3	121	122	I 161	162	221	223	II 241	242
4	123	124	163	164	222	224	243	244
5	151	152	111	112	261	262	251	252
6	153	154	113	114	263	264	253	254
7	321	322	331	332	421	422	461	462
8	323	324	333	334	423	424	463	464
9	361	362	III 341	342	441	442	IV 411	412
10	363	364	343	344	443	444	413	414
11	351	352	311	312	451	452	431	432
12	353	354	313	314	453	454	433	434

Figura 3.3. Mapa del predio experimental ubicada en la Subestación Experimental Agrícola de Lajas, utilizado para las pruebas de insecticidas en campo.

Los tratamientos con azadirachtina, piretrina + rotenona, permetrina y el control se aplicaron foliarmente cada 60 días; el tratamiento con spinosad se aplicó foliarmente cada 180 días y el tratamiento con imidacloprid se aplicó cada 180 días en la base del tronco o la raíz, aplicando a cada arbolito 230 ml de solución, se utilizó un envase de cristal graduado en ml. Las aplicaciones foliares se realizaron utilizando un rociador impulsado por CO<sub>2</sub> (Figura 3.4), a una presión de 80 PSI, con una boquilla “TeeJet 8003” (Figura 3.5), asegurando una cobertura completa de la superficie foliar. Todas las aplicaciones se realizaron a partir de las 5:30 AM para evitar la contaminación de los tratamientos por efecto del viento.



Figura 3.4. Atomizador impulsado por CO<sub>2</sub> utilizado para realizar las aplicaciones foliares de los insecticidas.

La primera aplicación se realizó el 22 de marzo de 2007, cubriendo todos los tratamientos. La segunda aplicación se realizó el 22 de mayo de 2007, donde se aplicaron los tratamientos con azadirachtina, piretrina + rotenona, permetrina y el control. La tercera aplicación se realizó el 23 de julio de 2007 aplicándose los tratamientos de azadirachtina, piretrina + rotenona, permetrina y el control. La cuarta aplicación se realizó el 25 de septiembre de 2007 y se aplicaron todos los tratamientos. La quinta y última aplicación se realizó el 20 de noviembre de 2007 aplicándose los tratamientos con azadirachtina, piretrina + rotenona, permetrina y el control.

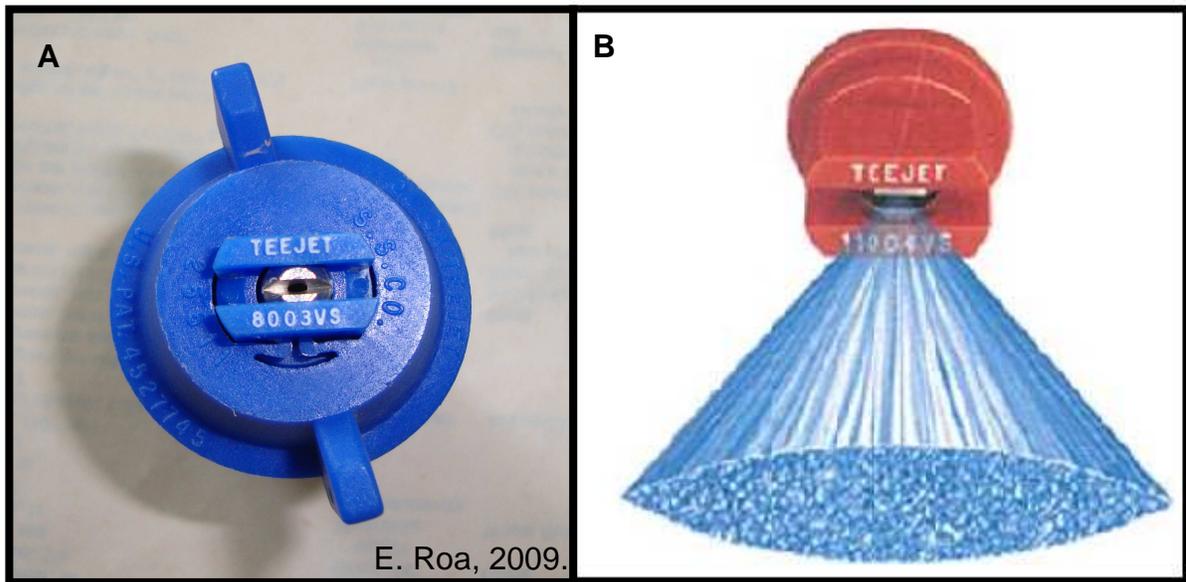


Figura 3.5. A: Boquilla utilizada para la aplicación de los insecticidas. B: forma del chorro emitido por este tipo de boquillas. Foto B tomadas del website de TeeJet ([www.rittenhouse.ca/asp/product.asp? PG=268](http://www.rittenhouse.ca/asp/product.asp?PG=268)).

Luego de la aplicación de los insecticidas se realizaron evaluaciones cada 15 días, por un periodo de un año. La primera evaluación se realizó el 26 de marzo de 2007 y la última el 3 de marzo 2008. Una rama al azar fue seleccionada del centro de cada árbol, de la cual se procedió a contar diez hojas y luego se registró el número de adultos de *P. perseae* presente en dichas hojas. Para seleccionar las ramas al azar se procedió a colocarse de espaldas a los arbolitos y estirando la mano sin mirar se elegía la primera rama que se agarraba. Las hojas seleccionadas pertenecían al penúltimo brote, donde se encontró la mayor cantidad de adultos de *P. perseae* según el muestro realizado previo a las aplicaciones. En cada evaluación se eligieron ramas orientadas hacia la misma orientación cardinal para evitar un posible efecto de la posición cardinal, dicha posición cardinal se fue rotando, en el sentido de las manecillas del reloj, entre una evaluación y otra. En el

Cuadro 3.1 se presentan las características principales de los insecticidas que se utilizaron en esta investigación. Para determinar el nivel de control de los insecticidas, los datos se analizaron usando el paquete estadístico SAS versión 9.1.3 y comparados usando análisis de varianza (ANOVA). Las medias se separaron utilizando Tukey al 5%.

#### **3.4. Evaluación del efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de laboratorio.**

Con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos con las pruebas de los insecticidas en condiciones de campo, se llevaron a cabo evaluaciones en condiciones de laboratorio. Se utilizó el método indicado por Croft (1989), donde para la evaluación de la toxicidad de los insecticidas en laboratorio se debe considerar lo siguiente: 1) exponer a los insectos a una lámina fresca o seca de insecticida; 2) aplicar las dosis de insecticida recomendadas; 3) aplicar el compuesto a platos petri, hojas, plantas o suelo; 4) aplicar una capa uniforme de insecticida; 5) usar insectos provenientes de una edad uniforme; 6) contar con ventilación adecuada; 7) usar testigos aplicados con agua.

Estas evaluaciones se realizaron en el laboratorio de nematología del Recinto Universitario de Mayagüez. Se colectaron adultos de *P. perseae* de edades similares, que se encontraban infestando hojas del cultivar 'Buttler' en el predio de aguacate (*Persea americana* Mill) ubicado en la Subestación Experimental de Juana Díaz. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA). Se prepararon

soluciones de cada uno de los cinco tratamientos con insecticidas, más un tratamiento control sólo con agua. Para cada uno de los tratamientos se utilizaron tres repeticiones, y se realizaron cinco réplicas del experimento. Una vez concluida una réplica, al siguiente día se iniciaba la próxima. Estas pruebas iniciaron el 27 de mayo 2008 y concluyeron el 10 de junio 2008. Los tratamientos se aplicaron humedeciendo mediante inmersión de aproximadamente cinco segundos, las hojas en las soluciones de los cinco insecticidas descritos anteriormente a las dosis utilizadas en campo. Las hojas del tratamiento control se humedecieron con agua. Se utilizaron hojas de aproximadamente 60 días de brotadas, de la variedad 'Buttler', para evitar que la mortandad se deba a falta de alimentación. Se prepararon soluciones de 200 ml con cada insecticida en envases de cristal calibrados en mililitros.

Para lograr una concentración de los insecticidas semejante a la utilizada en el campo, se utilizaron 3.017 ml de imidacloprid, 2.156 ml de spinosad, 3.445 ml de azadirachtina, 3.445 ml de permetrina y 6.884 ml de piretrina + rotenona. En el caso del imidacloprid la concentración fue superior a la que se encontraría en una situación real en condiciones de campo, debido a que en el campo el imidacloprid tiene que realizar una translocación desde las raíces hasta las hojas. Para medir las cantidades a utilizar de cada insecticida, se utilizó una micropipeta ("Gilson, modelo M11507M") de 1,000 microlitros. La inmersión de las hojas se realizó utilizando pinzas y guantes de hule; primero se sumergía una mitad de la hoja, luego se giraba

la hoja y se sumergía la otra mitad para asegurar una cobertura completa (Figura 3.6).



Figura 3.6. Forma en que fueron sumergidas las hojas de aguacate en las soluciones de insecticidas para las evaluaciones de mortandad de *P. perseae* en condiciones de laboratorio.

Las hojas se colocaron en 18 platos petri (150 ml x 15 ml), una hoja por cada plato petri, y se pusieron a secar durante una hora. Luego se contaron 180 adultos de *P. perseae* y se colocaron 10 adultos de *P. perseae* en 18 platos petri pequeños, mientras se secaban las hojas, esto se hizo para hacer más similar el tiempo de exposición entre los tratamientos. Luego de transcurrida la hora de secado, se colocaron sobre cada hoja 10 adultos de *P. perseae*. Los platos petri se taparon e identificaron con el número del tratamiento al que pertenecían, así como el número de repetición y fueron colocados al azar en una cámara de extracción (Hood)

(Figura 3.7). En el fondo de cada plato petri se colocó un trozo de papel toalla, el cual fue humedecido con agua destilada para mantener la turgencia de las hojas.



Figura 3.7. Distribución de los platos petri con cada uno de los tratamientos dentro de la cámara de extracción (Hood) en las evaluaciones de los insecticidas en condición de laboratorios.

Se revisaron las evaluaciones a las 6, 12, 18, 24 y 30 horas para registrar la cantidad de muertes ocurridas. Se registró la mortandad de los adultos de *P. perseae*, considerando muertos aquellos que no presentaban movimientos normales. Para observar si presentaban movimientos normales o no, se utilizó un estereoscopio (“Leica ZOOM 2000”) a 45x, con el cual se revisaron uno por uno todos los adultos de *P. perseae* utilizados en las evaluaciones. Cuando la mortandad en el testigo fue entre 4 hasta 12 % se realizó la corrección de mortandad por medio de la ecuación de Abbott (1925); cuando esta mortandad fue menor del 4 % no se tomó en cuenta. Esta fórmula se utiliza para realizar correcciones cuando en el tratamiento testigo la mortandad es superior al 4%. Si

esta mortandad es superior al 12% se debe repetir el experimento, ya que la mortandad en los tratamientos puede deberse a factores externos a la investigación.

La fórmula de Abbott (1925) utilizada fue la siguiente:

$$M.C.=\frac{(X-Y)}{(100-Y)} (100)$$

Donde: M.C.= Mortandad corregida (en %).

X = Porcentaje de mortandad en el tratamiento.

Y = Porcentaje de mortandad en el testigo.

### **3.5. Evaluación del crecimiento de las hojas de aguacate (*Persea americana*) en el tiempo.**

Para las evaluaciones del crecimiento de la hoja de aguacate en el tiempo se utilizó un predio localizado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (Figura 3.8). Para esta evaluación se utilizaron los arbolitos de la variedad 'Buttler', ya que estos presentan una susceptibilidad mediana a la chinche, además de ser la variedad de aguacate más sembrada a nivel comercial en Puerto Rico. Las evaluaciones se realizaron durante el periodo comprendido entre el 7 de junio hasta el 21 de octubre del 2008. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA).

En la Figura 3.9 se puede observar cómo se encuentran distribuidas las variedades en el predio experimental, cada color representa una variedad, en la leyenda se puede observar cómo se asignaron los colores. También se puede observar combinaciones de tres números, donde el primero representa el bloque, el

segundo la variedad y el tercero el arbolito dentro de cada variedad, y abreviaturas de las variedades.



Figura 3.8. Foto del predio de aguacate (*Persea americana* Mill) ubicado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz.

Para la obtención de las hojas a muestrear, se procedió a podar tres ramas por cada punto cardinal a cada uno de los arbolitos de la variedad ‘Buttler’, las podas se realizaron el día 16 de mayo de 2008. Una vez iniciada la brotación se marcaron los brotes con placas plásticas enumeradas y fijadas con bandas plásticas ajustables (“cable ties”) y se le puso una cinta de color para poder distinguir los brotes entre el resto del follaje (Figura 3.10). Para evitar la contaminación de las heridas ocasionadas durante la poda, se procedió a cubrirlas con una solución de cal (carbonato calizo). En cada uno de los 27 arbolitos de la variedad ‘Buttler’ se

seleccionaron dos brotes al azar orientados hacia cada punto cardinal, con lo que se obtuvieron 54 brotes hacia cada punto cardinal, y un total de 216 brotes. Se registró la fecha de brotación de cada hoja dentro de cada brote, hasta obtener un total de 200 hojas por cada punto cardinal.

Dos veces por semana se midieron los diámetros y longitudes en la parte más ancha del haz foliar para registrar su crecimiento. Se utilizó una regla calibrada en milímetros, las últimas tres semanas sólo se realizó una medición a la semana. Estas mediciones se realizaron con mucho cuidado, evitando ejercer mucha presión para no causar daño a las hojas o a los brotes. Para registrar los datos de las mediciones se colocaba una letra antes del número de brote para indicar si estaba orientado hacia el sur (S), hacia el norte (N), hacia el este (E) o hacia el oeste (W).

Luego se continuó con la enumeración de las hojas en secuencia a partir de la hoja número 5 y midiendo todas las hojas que se encontraban en cada brote. Para agilizar la toma de los datos se utilizó una grabadora digital. Las fotos utilizadas para documentar los predios experimentales fueron tomadas con una cámara digital “Sony, Cyber-Shot, modelo DSC-W50” de 6 megapíxeles. Los datos de diámetro y longitud obtenidos fueron analizados mediante gráficas de crecimiento.

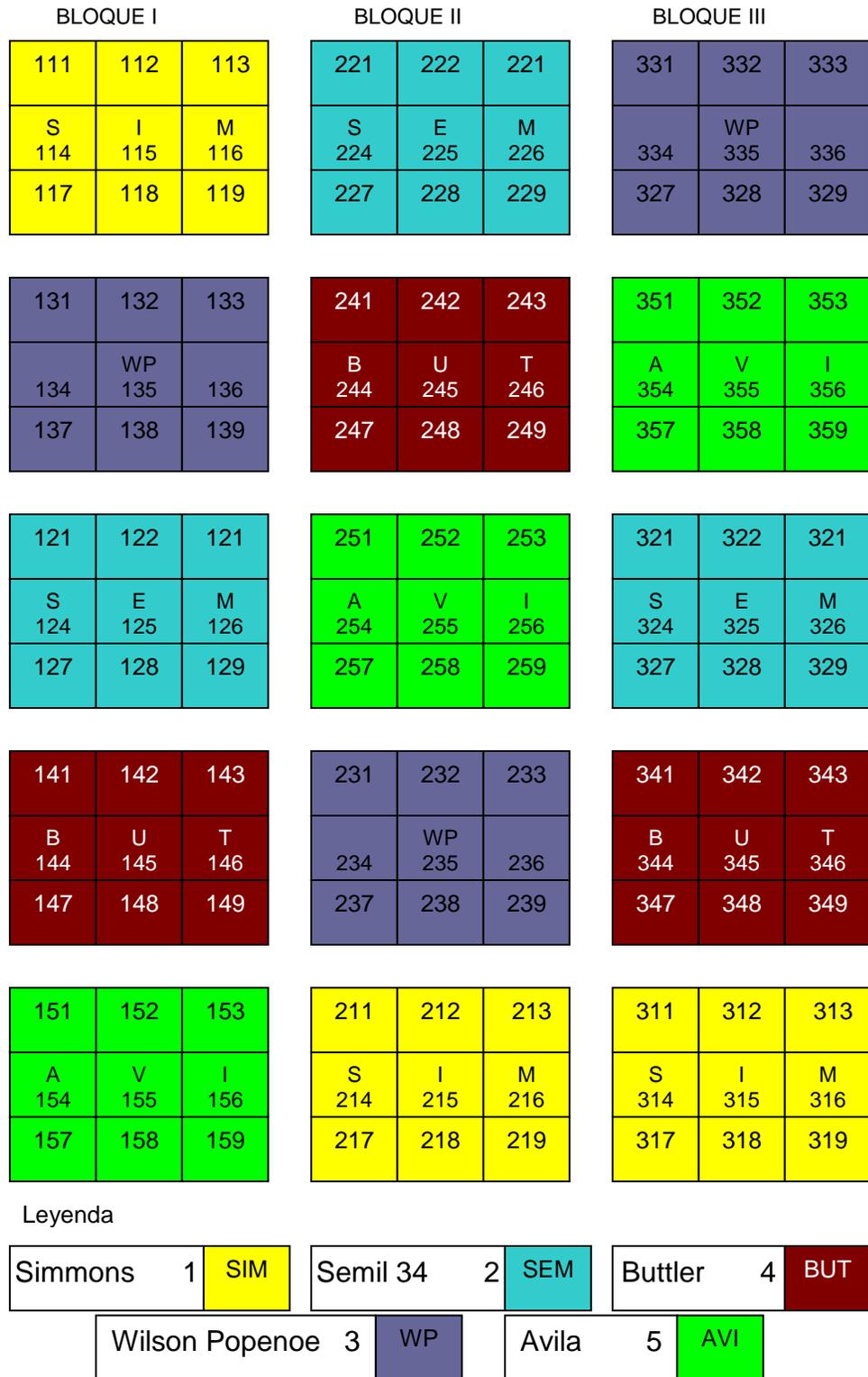


Figura 3.9. Mapa del predio de aguacate ubicado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz.

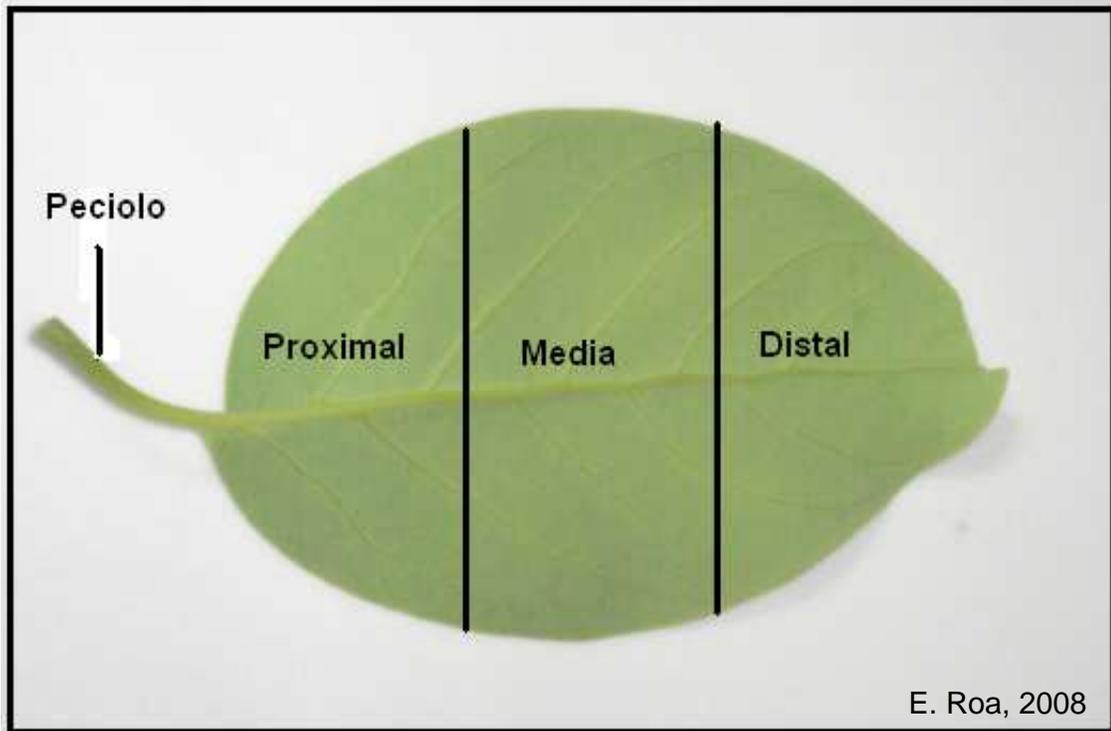


Figura 3.10. Brotes recientes del cultivar 'Buttler' marcados con placas plásticas enumeradas para las evaluaciones de crecimiento de las hojas.

### 3.6. Preferencia de *P. perseae* por tamaño y posición cardinal de la hoja.

Esta prueba se realizó con el objetivo de evaluar cuál es la posición de la masa de huevo de *P. perseae* en las hojas infestadas, el tamaño de hoja preferido al momento de realizar la oviposición y si existe alguna relación con la posición cardinal de la hoja. Se utilizaron los arbolitos de la variedad 'Buttler' del predio de aguacate localizado en la Subestación Experimental Agrícola de Juana Díaz (Figura 3.8), descrito anteriormente. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA).

Para la obtención de los datos se eligieron al azar cuatro ramas por cada orientación cardinal. En cada rama se observó si presentaban hojas que recientemente hubieran sido infestadas con huevos de *P. perseae*. Se consideraron hojas recientemente infestadas aquellas en las que aún se encontraba la masa de huevo y entre uno a dos adultos de *P. perseae*. Las hojas en las que se encontraron masas de huevos fueron medidas, para registrar su longitud y ancho en la parte más larga y ancha del haz foliar. Para realizar las mediciones se utilizó una regla calibrada en milímetros. También se contaron los huevos presentes en cada hoja utilizando una lupa de 10x. Se registró el número de huevos por hoja y la posición de las masas de huevo en la hoja. Los datos obtenidos se analizaron mediante histogramas de frecuencia relativa, utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2007e, y separación de medias con Tukey al 5%. Para evaluar en que posición en la hoja se encontraban las masas de huevo, las hojas se dividieron en tres secciones (Figura 3.11), y se identificaron con relación a su distancia del peciolo como 'Proximal', 'Media' y 'Distal'. Para analizar los datos se procedió a realizar un histograma de frecuencia relativa.



E. Roa, 2008

Figura 3.11 División de la hoja utilizada para evaluar la preferencia de *Pseudacysta perseae* por posición en la hoja.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Determinación del brote a utilizar durante las evaluaciones de campo

Al realizar un análisis de varianza a los datos obtenidos con el objetivo de elegir el área de la rama a muestrear, se encontró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los brotes ( $P = 0.0057$ ) (Apéndice 1). La mayor cantidad de chinches se obtuvo en los brotes número dos (penúltimo) y uno (último), con 1.08 y 0.77 chinches adultos por cada 10 hojas, respectivamente (Figura 4.1). Estos resultados fueron estadísticamente similares entre sí. El brote número tres (antepenúltimo) tuvo la menor cantidad de chinches con 0.05 chinches por cada 10 hojas, este resultado fue estadísticamente diferente a los obtenidos con los brotes uno y dos. Basados en estos resultados se eligió el brote que presentaba el mayor número promedio de chinches, el cual resultó ser el brote número dos con 1.08 chinches, para ser utilizado durante los conteos de adultos de *P. perseae* en las evaluaciones del efecto de los insecticidas en condiciones de campo. En la Figura 4.1 se presenta un gráfico con los resultados obtenidos durante el muestreo, la barra representa el error estándar.

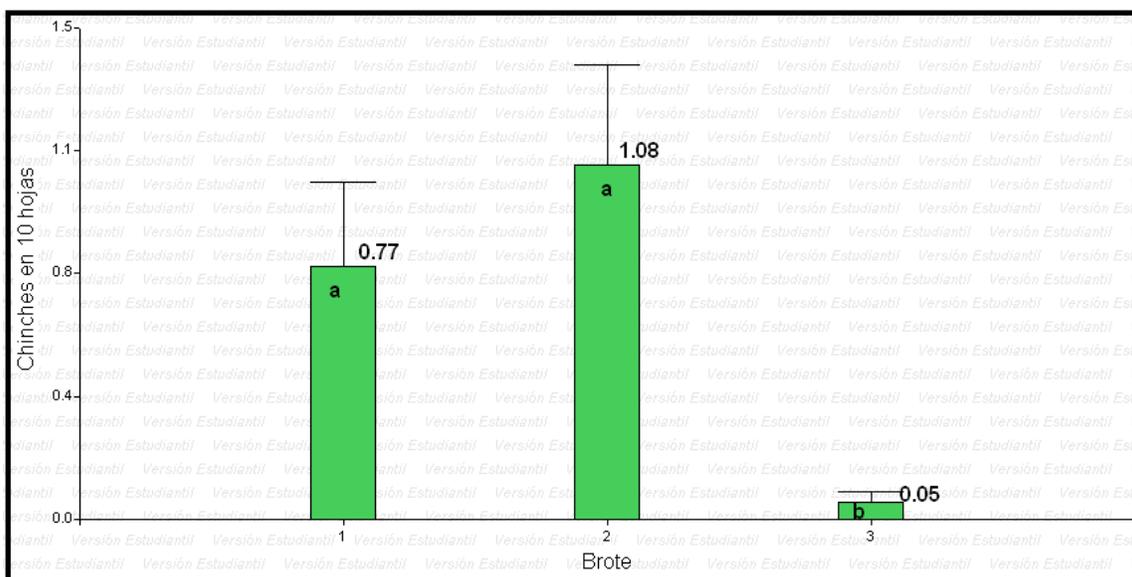


Figura 4.1. Número de chinches promedio por 10 hojas de los diferentes brotes de una rama de aguacate de la variedad 'Buttler' previo a la primera aplicación de los insecticidas. Letras iguales son estadísticamente similares con LSD al 5%. (1= último, 2= penúltimo, 3= antepenúltimo)

#### 4.2. Efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de campo.

En el análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de campo, se encontraron diferencias altamente significativas (Apéndice 2). El mayor control se obtuvo con Permetrina (con una media de 0.35 chinches / 10 hojas) (Figura 4.2). Estos resultados fueron estadísticamente similares a los obtenidos con imidacloprid (con 0.54 chinches / 10 hojas), con azadirachtina (con 2.25 chinches / 10 hojas) y con Spinosad (con 3.71 chinches / 10 hojas), pero fueron estadísticamente diferentes a los obtenidos con piretrina + rotenona (con 4.36 chinches / 10 hojas) y con el tratamiento Control (con 14.42 chinches / 10 hojas). El control más bajo se obtuvo con el tratamiento Control, el cual fue estadísticamente diferente a los demás

tratamientos, seguido por la piretrina + rotenona. No hubo diferencia significativa entre piretrina + rotenona, Spinosad, Azadirachtina, e Imidacloprid, pero si entre piretrina + rotenona y Permetrina.

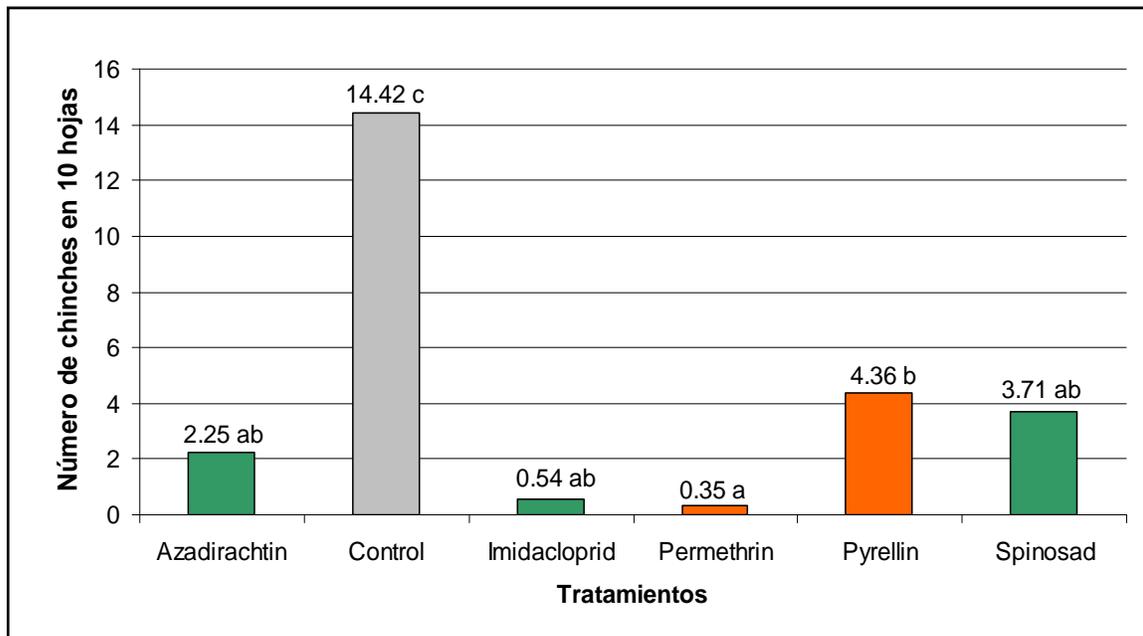


Figura 4.2. Número promedio de *Pseudacysta perseae* por cada 10 hojas del penúltimo brote de aguacate de la variedad 'Buttler' para cada tratamiento con insecticidas en condiciones de campo en el predio ubicado en Lajas. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con Tukey al 5%.

En la Figura 4.3 se observa el efecto de cada insecticida por separado sobre la población de *P. perseae* durante las evaluaciones en condiciones de campo, donde se observa que en los tratamientos con permetrina e imidacloprid, las poblaciones de adultos se mantuvieron por debajo de tres (3) por cada 10 hojas, durante todos los meses el año de evaluación. Los tratamientos con azadirachtina y spinosad se mantuvieron por debajo de ocho (8) adultos por cada 10 hojas. El tratamiento con piretrina + rotenona se mantuvo por debajo de diez (10) adultos por cada 10 hojas.

Mientras que el tratamiento control las poblaciones comenzaron a aumentar desde el mes de mayo, y durante los meses de agosto a diciembre 2007 se mantuvo cerca de los veintinueve (29) adultos por cada 10 hojas, luego las poblaciones comenzaron a descender durante el mes de enero.

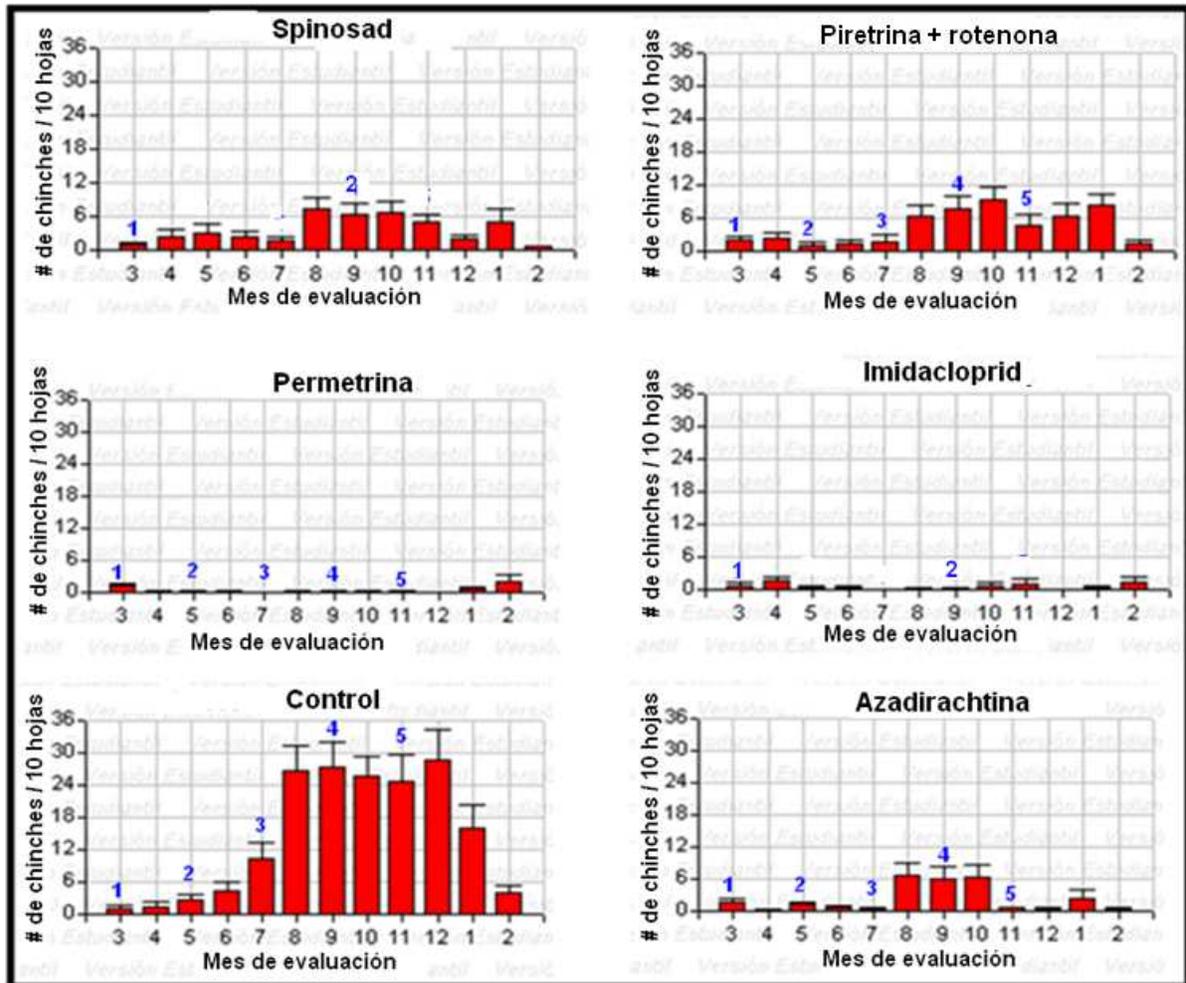


Figura 4.3. Comportamiento de la población de *P. perseae* durante todo el año bajo los diferentes tratamientos de insecticidas en 10 hojas del penúltimo brote de ramas de aguacate de la variedad 'Buttler', desde marzo 2007 hasta marzo 2008. Números azules sobre los meses representan la secuencia de las aplicaciones (1: primera, 2: segunda, 3: tercera, 4: cuarta y 5: quinta).

#### 4.3. Efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de laboratorio.

El análisis de varianza realizado al efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de laboratorio indica que hubo diferencias altamente significativas (Apéndice 3). El mayor control se obtuvo con permetrina, con una mortandad promedio de 82.44%, estos resultados fueron estadísticamente similares a los obtenidos con el tratamiento de imidacloprid, con una mortandad de 78.30% (Figura 4.4). El control más bajo del insecto se obtuvo en el tratamiento control, con una mortandad de 0.20%, el cual fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos con piretrina + rotenona, spinosad y azadirachtina fueron estadísticamente diferentes entre sí y con relación a los demás tratamientos con mortandades de 68.31%, 48.57 y 14.68 %, respectivamente.

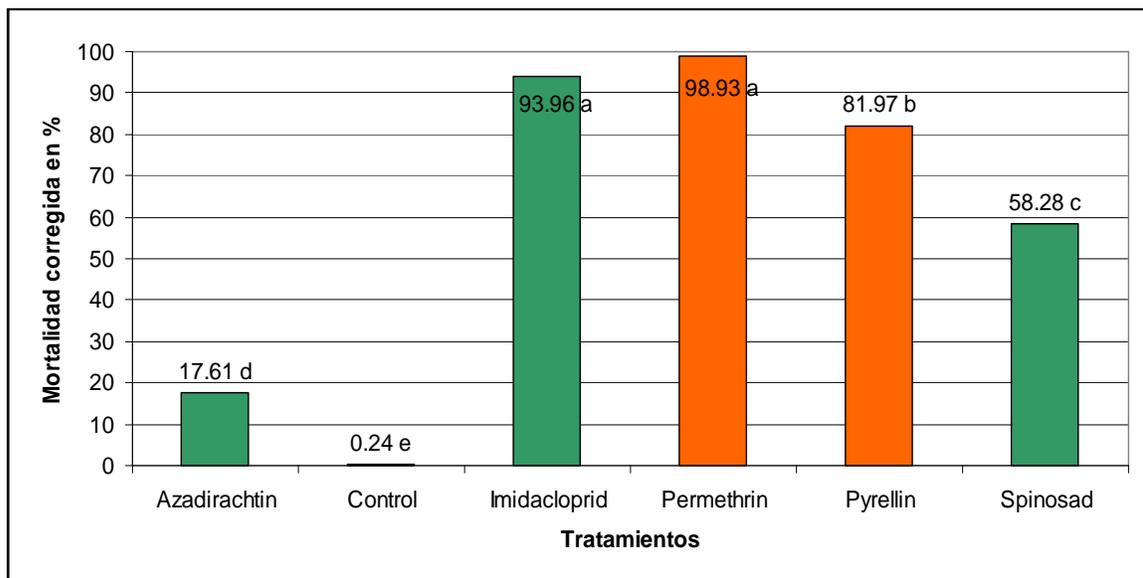


Figura 4.4. Porcentaje de mortandad corregida de *Pseudacysta perseae* por tratamiento con insecticidas durante 30 horas en condición de laboratorio. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con Tukey al 5%.

En la Figura 4.5 se muestra la mortandad de *P. perseae* por cada tratamiento de insecticidas en el tiempo. Se puede observar que el tratamiento con permetrina causó una mortandad promedio de 95.33% a las seis horas de exposición y a las doce horas ya había alcanzado cerca del 99.33%. El imidacloprid a las seis causó una mortandad 79.20%, a las doce horas estuvo en 91.33% y a las dieciocho horas ya había causado un 99.27% de mortandad. El spinosad mantuvo una mortandad en un aumento lineal, encontrándose en un 89.47% a las treinta horas. El tratamiento con azadirachtina también mantuvo un crecimiento constante de la mortandad, encontrándose a las 30 horas en un 37.47%.

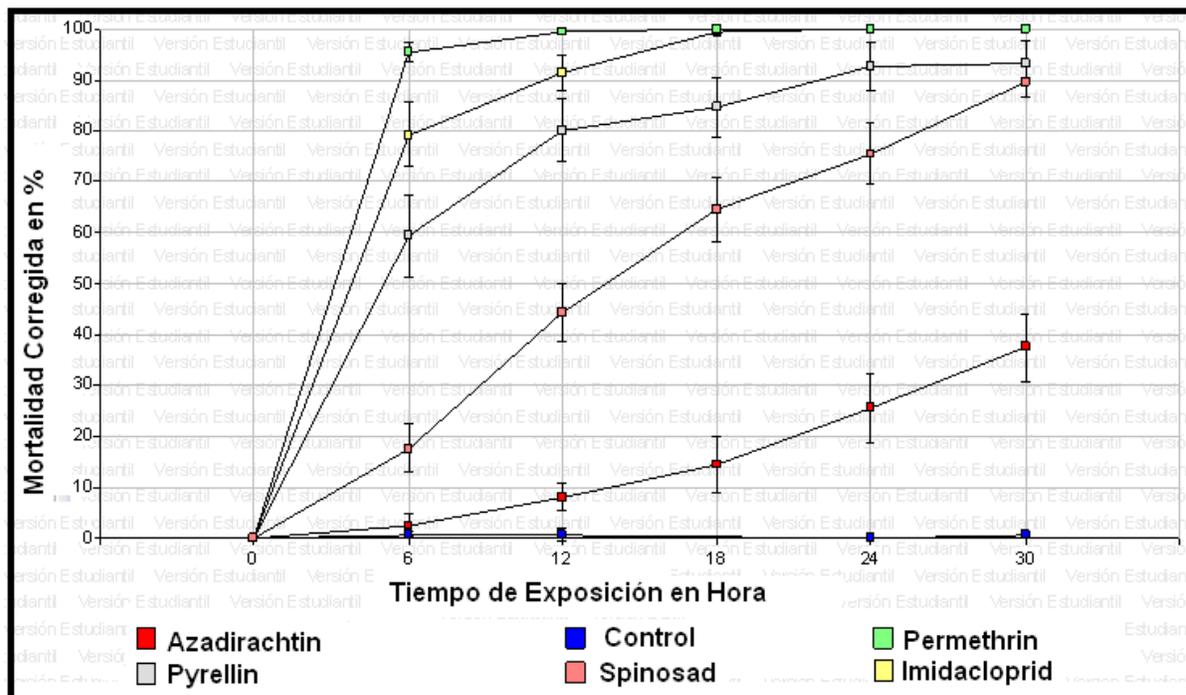


Figura 4.5. Comportamiento de la mortandad de *Pseudacysta perseae* según el tiempo de exposición a los tratamientos con insecticidas en condiciones de laboratorio.

#### 4.4. Posición de la masa de huevo en las hojas

El histograma de frecuencia relativa (Figura 4.6) realizado a los datos obtenidos al evaluar posición de la hoja preferida por *P. perseae*, muestra que la mayor preferencia fue para la posición proximal, con aproximadamente el 75%. La segunda preferencia fue para la posición media con aproximadamente 17%, y la posición distal obtuvo aproximadamente un 8%. En todos los casos las masas de huevos estuvieron próximas al nervio central de la hoja.

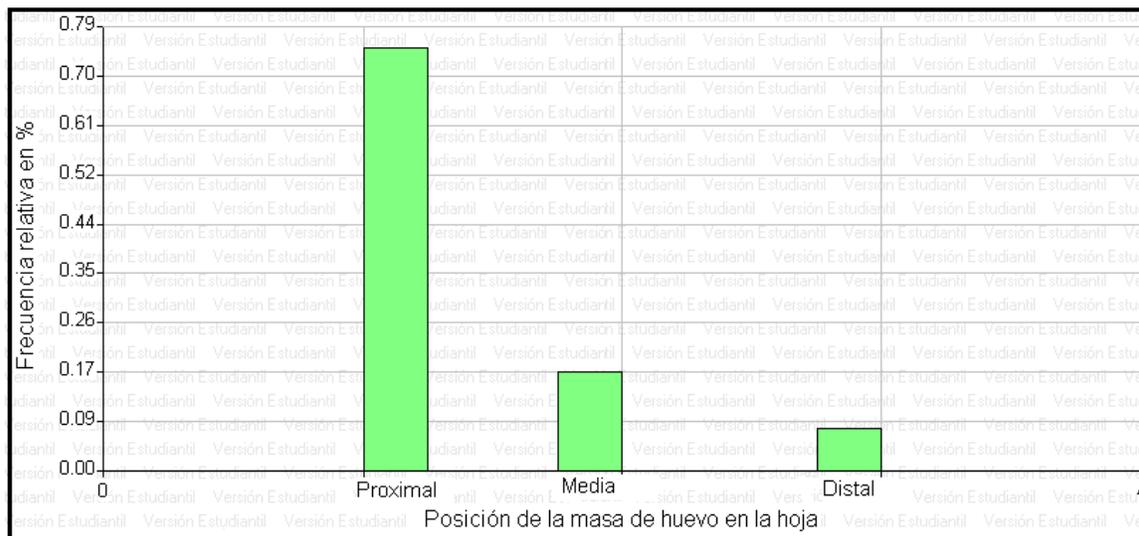


Figura 4.6 Histograma de frecuencia relativa de la preferencia de *Pseudacysta perseae* por posición de en la hoja.

#### 4.5. Evaluación del crecimiento de las hojas

Para evaluar el crecimiento de la hoja se realizaron gráficas con los datos obtenidos, dichas gráficas indicaron que el crecimiento, en relación al ancho de la hoja (Figura 4.7), tuvo un comportamiento variable a lo largo del periodo de evaluación. Durante los primeros 10 días luego de la brotación, el crecimiento

promedio por día fue de 2.71 mm, de los 11 a los 20 días fue de 1.19 mm, de los 21 a los 30 días fue de 0.57 mm, de los 31 a los 40 días fue de 0.18 mm y de los 40 días en adelante el crecimiento se detiene (Figura 4.7).

En relación al largo de la hoja, también tuvo un comportamiento variable a lo largo de las evaluaciones. Durante los primeros días luego de la brotación el crecimiento promedio por día fue de 4.86 mm, de los 11 a los 20 días fue de 1.68 mm, de los 21 a los 30 días fue de 1.10 mm, de los 31 a 40 días fue de 0.75 mm. Luego de los 40 días de brotada se paraliza el crecimiento (Figura 4.8).

En las Figuras 4.7 y 4.8 se puede observar que las hojas se mantienen creciendo hasta aproximadamente los 32 días, tanto para el ancho como para el largo, luego de los cuales dichos crecimientos se paralizan dando paso al periodo de maduración o envejecimiento de la hoja. Durante esta etapa las hojas experimentan cambios en su coloración y en la textura de su superficie.

También se realizaron regresiones para observar el comportamiento del crecimiento. En el Apéndice 4 se puede observar que la ecuación de regresión para el largo de la hoja es  $y=63.66+0.02x$  y para el ancho de las hojas es  $y=36.46+0.02x$ .

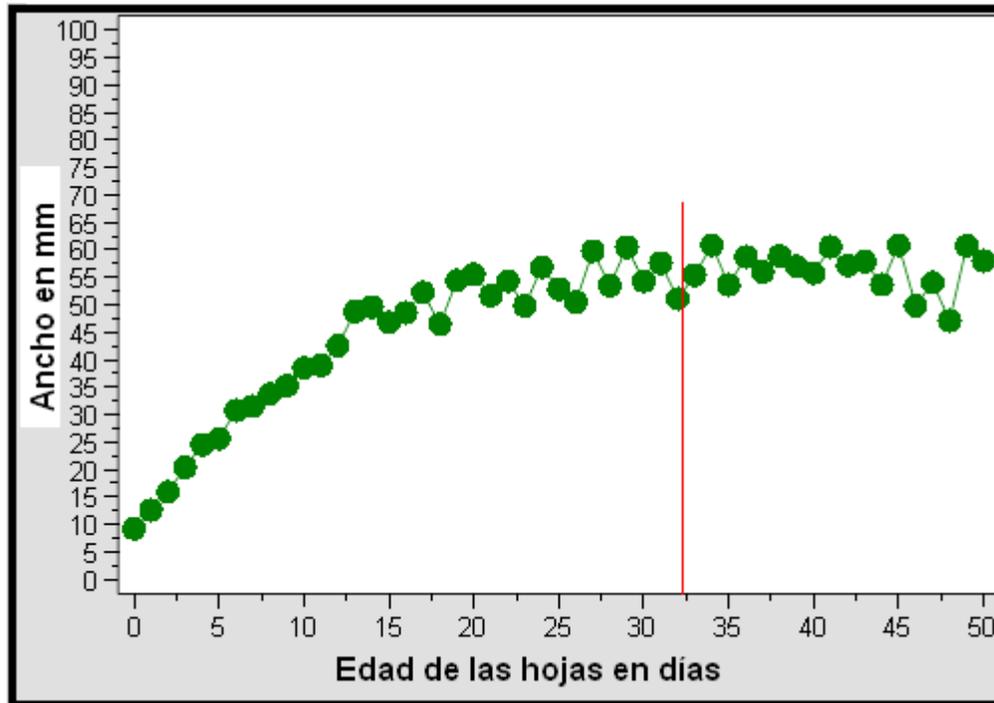


Figura 4.7. Comportamiento del crecimiento del ancho de las hojas en milímetros con relación a la edad de las hojas en días (la línea roja indica la edad aproximada a que las hojas alcanzan el ancho máximo).

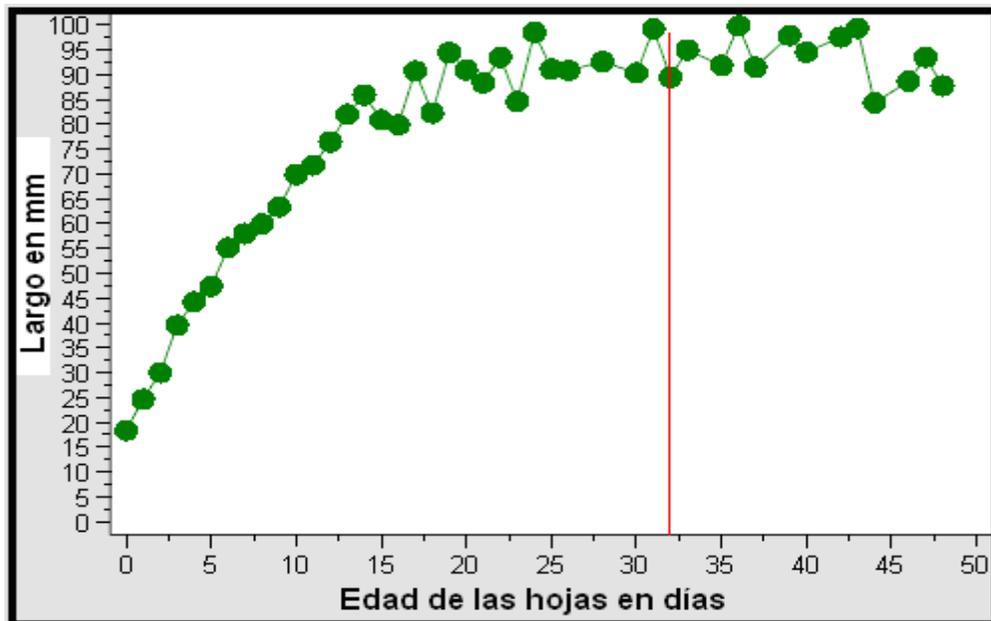


Figura 4.8. Comportamiento del crecimiento del largo de las hojas en milímetros con relación a la edad de las hojas en días (la línea roja indica la edad aproximada a que las hojas alcanzan el largo máxima).

#### 4.6. Preferencia de *Pseudacysta perseae* por hojas de diferentes orientaciones cardinales

En el análisis de varianza realizado a los datos obtenidos, al evaluar la preferencia de *P. perseae* por hojas de los diferentes puntos cardinales, se puede observar que hubo diferencias significativas entre las diferentes orientaciones cardinales (Apéndice 5), donde la mayor cantidad promedio de huevo de *P. perseae* por hoja se obtuvo en las hojas orientadas hacia el oeste con 15.17 huevos por hoja, seguido por las hojas orientadas hacia el sur con 13.07 huevos por hoja. Estos resultados fueron estadísticamente diferentes entre sí y también con relación a las demás orientaciones cardinales. No hubo diferencia significativa entre las hojas orientadas hacia el este y norte, con 9.15 y 9.02 huevos por hoja, respectivamente (Figura 4.9). También se encontró que el número de hojas infestadas por cada punto cardinal fue diferente, siendo el oeste donde se obtuvo la mayor cantidad con 88 hojas infestadas, seguido por el sur con 68 hojas infestadas y luego el este y el norte con 53 y 54 hojas infestadas, respectivamente.

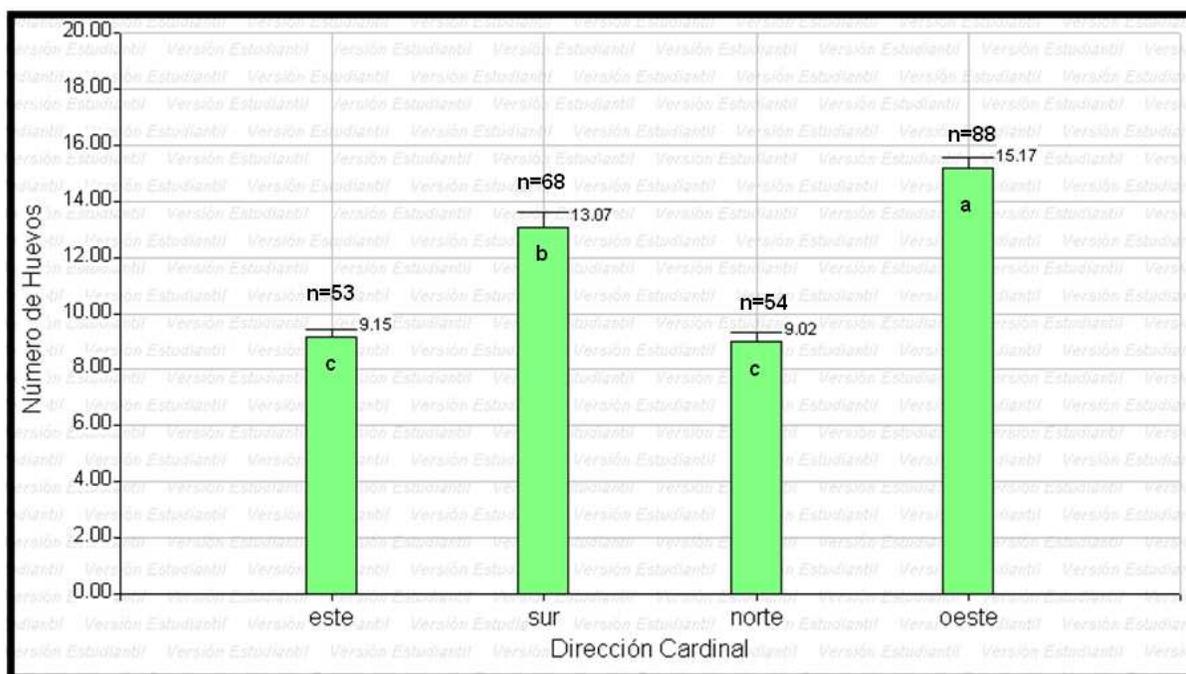


Figura 4.9. Número promedio de huevos por hoja de *Pseudacysta perseae* por cada punto cardinal en arbolitos de la variedad 'Buttler'. Letras distintas indican diferencias significativas con Tukey al 5%.

#### 4.7. Preferencia de *Pseudacysta perseae* por tamaño de las hojas de la variedad 'Buttler'

Con los datos obtenidos de la medición de las hojas en las que se encontraron masas recientes de huevo, se construyeron histogramas de frecuencias relativas para observar el diámetro y la longitud de las hojas preferidas por *P. perseae*, para ovipositar, en árboles de la variedad 'Buttler'. En la Figura 4.10 se puede observar que respecto al ancho, la mayor preferencia es por hojas de 57.88 mm, y en la Figura 4.11 que el largo de las hojas de mayor preferencia es de 91.44 mm. Se observó que el largo promedio de las hojas preferidas fue de 111.81 mm. El largo mínimo de las hojas infestadas fue de 58 mm y el máximo de 165 mm. También se observó que el ancho promedio de las hojas infestadas fue de 61.93 mm, el ancho

mínimo fue de 41mm y el máximo de 95 mm. Se realizó un análisis de varianza para observar si existen diferencias significativas en el tamaño de las hojas infestadas por cada orientación cardinal. Los resultados muestran que no existe diferencias significativas para el largo ( $p=0.0637$ ) (Apéndice 6) ni para el ancho ( $p=0.1189$ ) (Apéndice 7) entre las diferentes orientaciones cardinales.

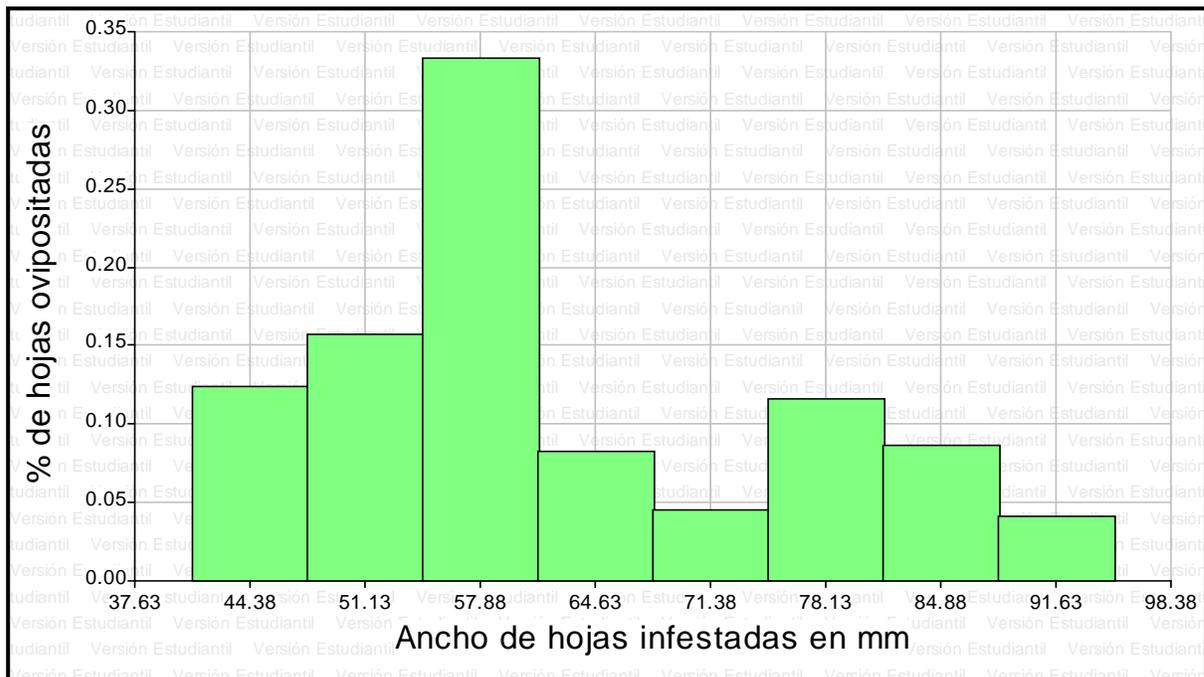


Figura 4.10. Histograma de frecuencia relativa del ancho de las hojas de aguacate de la variedad 'Buttler' recientemente infestadas con huevo de *Pseudacysta perseae*

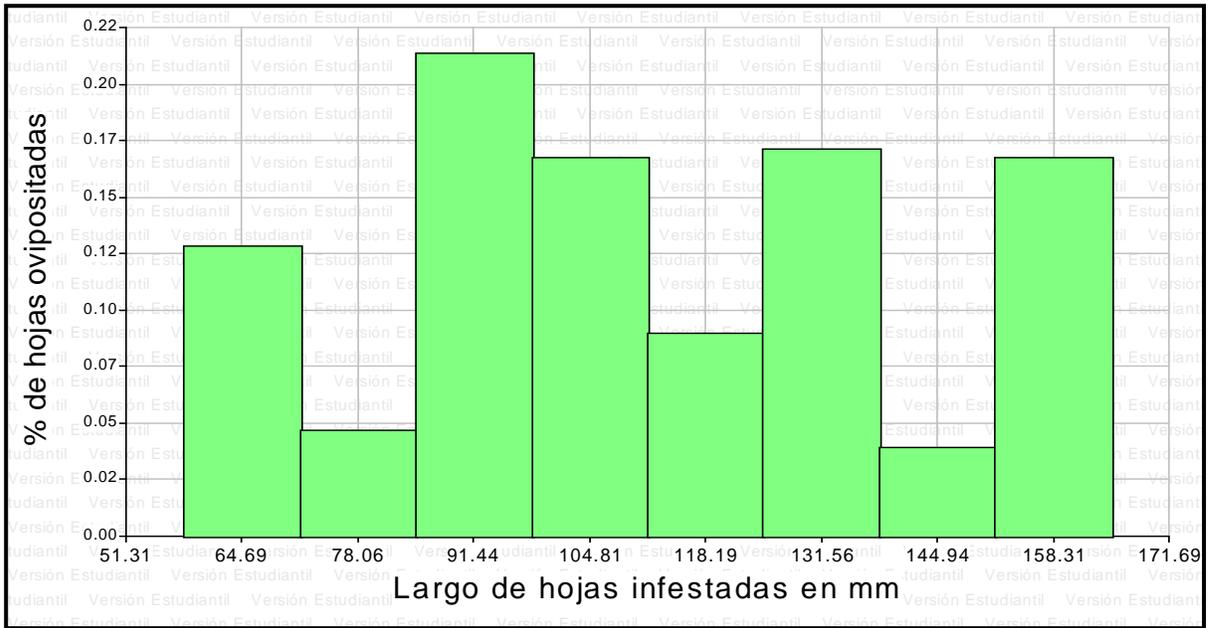


Figura 4.11. Histograma de la frecuencia relativa del largo de las hojas de aguacate de la variedad 'Buttler' recientemente infestadas con huevo de *Pseudacysta perseae*

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Efecto de los insecticidas sobre la población de *Pseudacysta perseae* en condiciones de campo.

Los insecticidas evaluados mantuvieron las poblaciones de *P. perseae* a niveles bajos. Permetrina fue el que obtuvo el mayor control. Estos resultados coinciden con los encontrados por Peña (1992), quien evaluó el efecto de diferentes insecticidas sobre poblaciones de *P. perseae*, y encontró que los mejores resultados se obtuvieron con permetrina. El segundo insecticida que ejerció buen control fue imidacloprid, donde estos resultados coinciden con los obtenidos por Hoddle *et al.* (2007), quienes evaluaron el efecto residual, sobre la mortandad de ninfas de *P. perseae* utilizando imidacloprid y encontraron que este aumentó la mortandad desde 23 a 100% cuando fue aplicado al suelo. Estos resultados se deben a la protección completa y prolongada de imidacloprid contra insectos chupadores, debido a que este actúa imitando la acción de la acetilcolina en los receptores post sinápticos, provocando una serie de desórdenes nerviosos que causan la muerte del insecto (Silva, 2002).

El tratamiento con azadirachtina tuvo el tercer mejor control en las pruebas de campo, sus métodos de eliminar las plagas son más bien a través de mecanismos diferentes de la actividad tóxica directa. Uno de ellos es la capacidad de cortar el ciclo biológico de un insecto luego de su eclosión. De esta manera, se elimina el problema de las plagas al comienzo, previniendo contra las infestaciones masivas

(OikoNeem, 2004), además tiene acción antialimentaria, regulador de crecimiento, repelente inhibidor de oviposición y esterilizante (Silva, 2002).

El tratamiento con spinosad mantuvo controladas las poblaciones de *P. perseae*. Estos resultados difieren de los encontrados por Hoddle *et al.* (2007), quienes, realizaron pruebas del efecto residual de seis insecticidas para el control de *P. perseae* y encontraron que el spinosad fue inefectivo, por lo que lo eliminaron como candidato para un programa de manejo en la Florida (USA). En el 2005, estos mismos autores habían encontrado que spinosad fue poco efectivo en pruebas de residualidad.

El tratamiento con piretrina + rotenona mantuvo las poblaciones de *P. perseae* bajas. Estos resultados coinciden con los encontrados por Peña (1992), quien encontró que piretrina + rotenona estuvo entre los insecticidas más efectivos en la mortandad, en pruebas de laboratorio. En pruebas de campo encontró que fue el único en reducir significativamente el número de ninfas en los primeros cuatro días después de la aplicación, donde todos los insecticidas tuvieron buen control de la población de inmaduros a los 11 días después de la aplicación.

Los resultados indican que los insecticidas de 'Riesgo Reducido' spinosad, imidacloprid y azadirachtina tuvieron un nivel de control similar al obtenido con los insecticidas convencionales (permetrina y piretrina + rotenona). El insecticida convencional piretrina + rotenona tuvo un nivel de control inferior a todos los

insecticidas de 'Riesgo Reducido', aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Se realizó un análisis de costos de los insecticidas (Apéndice 8) y se determinó que el mayor costo es para la azadirachtina (Neemex 4.5) con \$410.89 dólares por hectárea, seguido por el imidacloprid (Alias 2F) con \$200.41 dólares por hectárea. Luego se encuentran la piretrinas + rotenona (Pyrellin) con \$150.31 dólares por hectárea, el spinosad (Spintor 2SC) con \$84.89 dólares por hectárea y por último la permetrina (Pounce 3.2 EC) con 51.36 dólares por hectárea.

## **5.2. Efecto de los insecticidas sobre la población de *P. perseae* en condiciones de laboratorio.**

Los resultados de las pruebas de los insecticidas en condiciones de laboratorio tuvieron resultados bastante similares a los obtenidos en condiciones de campo. Permetrina resultó ser el insecticida donde se obtuvo la mayor mortandad, esto resultados coinciden con los encontrados por Peña (1992), quien encontró una mortandad del 95% para permetrina. El segundo mejor resultado se obtuvo con imidacloprid, estos resultados coinciden con los encontrados por Hoddle *et al.* (2007), quienes encontraron mortandad hasta el 100% en ninfas de *P. perseae*, en tratamientos con imidacloprid. El tercer mejor control se obtuvo con piretrina + rotenona, donde este resultado coincide con los encontrados por Peña (1992), quien observó que piretrina + rotenona causó la mayor mortandad luego de la permetrina.

Spinosad estuvo cuarto en cuanto a su mortandad, el cual fue eliminado como candidato para el control de *P. perseae* por Hoddle *et al.* (2007) debido a la baja mortandad encontrada en las primeras evaluaciones de sus experimentos. El quinto lugar de los resultados se obtuvo con azadirachtina, el cual debido a su modo de acción tiene un efecto más retardado sobre la mortandad de *P. perseae*, ya que su función en este caso es la de inhibir la alimentación. Posiblemente, debido a esto, es que se observó que su efecto sobre la mortandad fue aumentando conforme pasaba el tiempo.

### **5.3. Posición en la hoja.**

En los resultados obtenidos se puede observar que *Pseudacysta perseae* muestra mayor preferencia por la posición de la hoja más cercana al peciolo. Conforme aumenta la población van colonizando otras áreas más alejadas del peciolo. Probablemente, esto se debe a que por esta zona es por donde ocurre el transporte de los elaborados fotosintéticos hacia los lugares de almacenamiento de la planta, esto representa una mayor disponibilidad de alimento para las ninfas que estarán alimentándose aproximadamente a los once días luego de la oviposición.

### **5.4. Evaluación del crecimiento de las hojas**

Al analizar los datos de las mediciones de las hojas se pudo observar que durante los primeros días, luego de la brotación, las hojas se encuentran en su más alta actividad de crecimiento. Posiblemente esto se debe a que durante este periodo

es donde se encuentra la mayor actividad de división celular, y luego va disminuyendo hasta llegar a su tamaño final. El crecimiento de la hoja prácticamente se detiene aproximadamente 30 días luego de la brotación, posiblemente debido a la reducción de división celular.

#### **5.5. Preferencia de *Pseudacysta perseae* por hojas de diferentes orientaciones cardinales**

Se obtuvieron diferencias en la preferencia por hojas de diferentes orientaciones cardinales, siendo el oeste donde se encontró la mayor cantidad promedio de huevos por hojas y la mayor cantidad de hojas infestadas. La segunda mayor cantidad promedio de huevos por hojas y el segundo mayor número de hojas infestadas se encontró en la orientación sur, seguidos por el este y el norte, en ese mismo orden, los cuales tuvieron resultados muy similares. Estos resultados coinciden con los encontrados por Morales y Grillo (2007) en Cuba, quienes observaron que en los árboles completamente expuestos al sol, el follaje perteneciente al cuadrante sur - oeste resultan ser los primeros en experimentar defoliación por las infestaciones con *P. perseae*. Esto es debido posiblemente a que este cuadrante recibe una mayor intensidad solar, lo que se traduce en una mayor capacidad fotosintética, lo que implica una mayor disponibilidad de alimento para *P. perseae*, lo cual provoca que esta prefiera las hojas que se encuentran en dicha posición. Esta información puede ser utilizada al desarrollar planes de manejo enfocados en el monitoreo de las poblaciones de *P. perseae*, ya que al momento de

realizar muestreos estos pueden ser dirigidos con más énfasis a las hojas pertenecientes al cuadrante sur – oeste.

#### **5.6. Preferencia de *Pseudacysta perseae* por tamaño de las hojas de la variedad 'Buttler'**

*Pseudacysta perseae* mostró una mayor tendencia a ovipositar en hojas de aproximadamente 58 mm de diámetro y 92 mm de longitud. También se observó una gran variabilidad en el tamaño de las hojas infestadas con huevos de *P. perseae*, tanto en el diámetro como en la longitud, por lo que posiblemente la explosión en la dinámica poblacional de esta plaga esté relacionada con la capacidad fotosintética de las hojas, la cual, según Whiley (1990), en aguacate de la variedad 'Hass', las hojas se encuentran a un 80% de su capacidad fotosintética más o menos a los 40 días y la máxima eficiencia se alcanza alrededor de los 60 días después del rompimiento de la yema. Los resultados de esta investigación mostraron que *P. perseae* prefiere hojas con aproximadamente 15 días después de haber alcanzado su máximo crecimiento y aproximadamente 45 a 50 días de edad. Posiblemente esta preferencia se deba a que cuando los huevos eclosionan las hojas se encuentran en su máxima eficiencia fotosintética, y por ende, existe una mayor disponibilidad de alimento para las ninfas.

## 6. CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas se concluye lo siguiente:

### 6.1. Insecticidas:

1. Permetrina e imidacloprid fueron los insecticidas que brindaron el mejor control de *P. perseae* en las pruebas de campo y de laboratorio.
2. Los insecticidas de 'Riesgo Reducido' fueron similarmente efectivos a los insecticidas convencionales en el control de *P. perseae*.

### 6.2. Patrones de distribución

1. *Pseudacysta perseae* prefiere ovipositar en la región de la hoja más próxima al peciolo.
2. Las hojas de aguacate (*Persea americana*) en la variedad 'Buttler', alcanzan su tamaño final aproximadamente a los 32 días después de la brotación.
3. La oviposición en aguacate de la variedad 'Buttler', ocurre en hojas de una edad aproximada de 45 a 50 días.
4. *Pseudacysta perseae* prefiere mayormente, las hojas orientadas hacia el oeste y el sur, con relación a las orientadas hacia el este y el norte.

## 7. RECOMENDACIONES

Dado que esta investigación fue realizada en la zona sur de Puerto Rico, y basado en los resultados obtenidos se recomienda para esta zona:

1. La utilización de permetrina e imidacloprid para el control de *P. perseae*, en plantaciones con una alta población de la plaga, y usar azadirachtina o spinosad en condiciones de más baja población.
2. Debido a los patrones de brotes de hojas de los aguacates en Puerto Rico, se puede reducir el número de aspersiones a dos por año, coincidiendo con los brotes, y realizar la aplicación entre 30 y 40 días después del brote.
3. Dado que *Pseudacysta perseae* prefiere ovipositar mayormente hojas pertenecientes a la parte sur del árbol, se recomienda establecer las plantaciones orientadas este-oeste para facilitar las aspersiones a la parte sur de los árboles.

## 8. LITERATURA CITADA

1. Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265–267.
2. Abud Antun, A.J. 1991. Presence of the Avocado Lace Bug, *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Hemiptera: Tingidae) in Dominican Republic. Primera Jornada de Protección Vegetal, University of Santo Domingo, Santo Domingo, Dominican Republic, (Abstract, p. 4).
3. Aguilera, A. 1989. Resistencia de las Plagas a los Insecticidas, Investigación y Progreso Agrícola Carillanca (INIA). Chile. 18- 25 pp.
4. Almaguel L, E. Blanco, P. Suárez, P. De La Torre, I. Cáceres, C. Nieves, M. Márquez y L. Blanco. 1999. Control de la Chinche del Aguacate (*Pseudacysta perseae* (Heidemann)) En Ciudad de La Habana. *Fitosanidad* 3(2): 69-74.
5. Blatchley WS. 1926. Heteroptera or True Bugs of Eastern North America, with Especial Reference to the Faunas of Indiana and Florida. Nature Publishing Company, Indianapolis, Indiana, 1116 p.
6. Buntin, G., S. Braman, D. Gilbertz, y D. Phillips, 1996. Chlorosis, Photosynthesis, and Transpiration of Azalea Leaves After Azalea Lace Bug (Heteroptera: Tingidae) Feeding Injury. *Journal of Economic Entomology* 89:990-995.
7. Cabrera, I., y E. Vargas, 1997. Preferencia Varietal de *Pseudacysta perseae* (H.) en Variedades Comerciales de Aguacate. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society.* 33: 232-238.
8. Champion, G.C. 1898. Insecta: Rhynchota (Hemiptera-Heteroptera): Tingidae to Hydrometridae. pp. 33–192 pls iii–xi in Godman, F.D. & Salvin, O. (eds). *Biologia Centrali-Americana*. London : Publisher unknown Vol. II [46]
9. Croft, B. 1977. Suscetptibility Surveillance to Pesticides Among Arthropod Natural Enemies Modes of Uptake and Basis Responses, *Zeitschrift fur,.Pflkrankheiten and pflanzenschutz.* 84: 140 -157.
10. Croft, B. A. 1989. *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*, John Wiley, New York, 723 p.

11. EEA. 2002-2003. Informe Anual. Estación Experimental Agrícola. Historia, Origen y Misión de la EEA.
12. EPA. 2007. The Conventional Reduced Risk Pesticide Program. U.S. Environmental Protection Agency. [www.epa.gov](http://www.epa.gov). consultado el 4 de noviembre 2007.
13. FAO. 2007. FAOSTAT. © FAO. Dirección de Estadística 2007. 04 Noviembre 2007. Disponible en <http://www.faostat.fao.org>. URL Noviembre 2007.
14. González, M. y E. Viñuela. 2000. Evaluación de Efectos Secundarios de Plaguicidas sobre Enemigos Naturales de las Plagas. Métodos de investigación en las ciencias ambientales. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 57-73 pp.
15. Google Maps. 2008. Puerto Rico Satellite Maps. <http://maps.google.es/>
16. Heidemann, O. 1908. Two Species of North American Tingidae (Hemiptera: Heteroptera). *Proc. Entomol Soc. Wash.* 10: 103-108.
17. Hernández, J., G. Blanco, B. Linares, L. Hernández y A. Pérez. 2004. Detección del Chinche de Encaje del Aguacate *Pseudacysta perseae* (Heidemann), Hemiptera: Tingidae en el Estado Yaracuy. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA – CIAE Yaracuy). Venezuela.
18. Hoddle M., J. Morse, y R. Stouthamer. 2007. Biology and Management of Avocado Lace Bug (*Pseudacysta perseae*) in California. Production Research Report. California Avocado Commission. Pests and Diseases.
19. Instituto de Información Científica y Tecnológica. (IDICT). 2003. *Pseudacysta perseae* (Heid.). Chinche de Encaje del Aguacatero en Cuba. Informe Técnico. La Habana, Cuba. S/p.
20. Marinoff, M., M. Gruszycki, M. Baez y J. Martiarena. 2002. Análisis discriminante de insecticidas introduciendo un nuevo grupo de estructuras químicas constituidas por hormonas juveniles y derivados de benzoilureas. Cátedra Química Fca. y Análisis de Medicamentos - Facultad de Agroindustrias - UNNE. Cdte. Fernández 755 - (3700) Pcia. R. Sáenz Peña - Chaco - Argentina. Universidad de Buenos Aires.

21. Martorell, L. 1976. Annotated Food Plant Catalog of the Insects of Puerto Rico. Agricultural Experimental Station. Universidad de Puerto Rico. Department of Entomology. 194-195 pp.
22. Mead, F. y J. Peña. 1991. Avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae). Florida Department Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry Entomol. Circ. 346, 4 pp.
23. Medina, G., A. Segarra y R. Franqui. 1991. The avocado Lacewing Bug, *Pseudacysta perseae* (H.) (Hemiptera: Tingidae) in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 75 (2): 185-88.
24. Morales, L y H. Grillo. 2004. La chinche de encaje del aguacatero *Pseudacysta perseae* (Heid.) (Hemíptera: Tingidae): Apuntes para la lucha biológica en las condiciones de Cuba. p.189 – 196.b En: Lizárraga. T.A., Castellón M., Mallqui. D. (eds). Manejo Integrado de Plagas en una Agricultura Sostenible: Intercambio de Experiencias entre Cuba y Perú. RAAA. Lima. Perú. 225pp.
25. Morales, L. y H. Grillo. 2007. Chinche de encaje del aguacatero *Pseudacysta perseae* (Heid.) (Heteroptera: Tingidae). Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) Minagri, y Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Universidad Central de Las Villas. Cuba.
26. Morales, L.; Grillo, H. y Hernández, V. 2002. Estudios Bioecológicos de *Pseudacysta perseae* (Heid.) (Hemíptera: Tingidae). Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) Minagri, y Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Universidad Central de Las Villas. Cuba. 217pp.
27. Nolasco, C. 2008. Plagas del cultivo del aguacate (*Perseae americana*) Secretaría de Estado de Agricultura. Subsecretaría de Estado de Extensión y Capacitación Agropecuaria. República Dominicana. 2008.
28. OikoNeem. 2004. La historia del OikoNeem el insecticida botánico del árbol noble de la India. Ecological Resources, Inc. – 13876 SW 56th Street #296, Miami, FL 33175, U.S.A.
29. Peña, J. E. 1992. Chemical Control of Avocado and Lime Pests. University of Florida, IFAS Tropical Research and Education Center 18905 S.W. 280<sup>th</sup>, St. Homestead, Florida 33031. 286-287. pp.

30. Peña, J.E., S. Sundhari, A. Hunsberger, R. Duncan y B. Schaefer. 1998. Monitoring, damage, natural enemies and control of avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae). Proceedings Florida State Horticultural Society 111, 330-334.
31. Peña, J.E. 2003. Pests of Avocado in Florida. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Tropical Research and Education Center. FL 33031, USA. 487-494 pp.
32. Peña, J. y F. Johnson. 2003. Insect Management in Avocados. Department of Entomology and Nematology, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida,. ENY 409. 4pp.
33. Popenoe, W. 1920. Manual of Tropical and Subtropical Fruits. MacMillan, London. 524pp.
34. Roets, N.J.R., S. De Meillon, C. Kaiser, P.J. Robbertse, R. Owen, y R. Ehlers. 2006. Possible causes and measures to prevent excessive leaf abscission in the avocado (*Persea americana* Mill.) cultivar Ryan. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 29:21-36.
35. Román, F. 2005. Informe Anual de la Empresa de Frutales 2004-2005. pp 1.
36. Salazar-García, S., L.E. Cossio-Vargas, C.J. Lovatt, I.J.L. González-Durán, And M.H. Pérez Barraza. 2006. Crop Load Affects Vegetative Growth Flushes and Shoot Age Influences Irreversible Commitment to Flowering of 'Hass' Avocado. HortScience 41(7):1541-1546.
37. Salazar-García, S., L.E. Cossio-Vargas y I.J. González-Durán. 2007. Reciclamiento de Nutrimientos por las Hojas de Aguacate 'Hass'. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. Proceedings VI World Avocado Congress 2007.Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007.
38. Scora, R.W., B.N. Wolstenholme y U. Lavi. 2002. Taxonomy and Botany. In: The avocado: botany, production and uses. Eds: Wiley, A.W., B. Schaffer, and B.N. Wolstenholme. CAB International Publishing. pp. 15-37.

39. Silva, G. 2002. Insecticidas Vegetales. El Texto Mundial del MIP. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. Avenida Vicente Méndez 595, Chillán, Chile. Regentes de la Universidad de Minnesota. Última modificación el 31 de Julio de 2002. Consultado 12 octubre 2007.
40. University of Florida. 1998. Avocado Lace Bug *Pseudacysta perseae* (Heidemann) Department of Agricultural and Consumer Services, Division of Plant Industry and Institute of Food and Sciences. DPI Entomology. Circular N° 346. EENY-39. 5 p. URL ([http:// www.aguacate.chinche\avocadolacebug- \*Pseudacysta perseae\* \(Heideman\)](http://www.aguacate.chinche\avocadolacebug-Pseudacysta%20perseae%20(Heideman).)).
41. Whiley, A. W. 1990. CO<sub>2</sub> assimilation of developing shoots of cv 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) a preliminary report. South African Avocado Growers' Association Yearbook 13:28-30.
42. Wolstenholme, B.N. y A.W. Whiley. 1999. Ecophysiology of the Avocado (*Persea americana* Mill.) Tree as a Basis for Pre-harvest Management. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:77-88.
43. Wolstenholme, B.N. 1986. Energy Costs of Fruiting as a Yield-limiting Factor with Special Reference to Avocado. Acta Hort. 175:121-126.
44. Zapete, C. y A. Brujan. 1992. Estudio Biológico de *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Hemiptera: Tingitidae) en Aguacate (*Persea americana*) en Condiciones de Laboratorio. Tesis de grado. Universidad Autónoma de Santo Domingo. Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Departamento de Ingeniería Agronómica. República Dominicana.
45. Xuan L., R. Hofshi y M.L. Arpaia. 1999. 'Hass' Avocado Leaf Growth, Abscission, Carbon Production and Fruit Set. pp. 52-55. In: M.L. Arpaia and R. Hofshi (eds.). Proceedings of Avocado Brainstorming. Session 3. Canopy Management. October 27-28, 1999. Riverside, CA.

## APÉNDICES

Apéndice 1. Tabla de análisis de varianza para el número de *Pseudacysta perseae* por brote en ramas de aguacate de la variedad 'Buttler' en condiciones de campo en Lajas.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
brote	2	53.69	26.84	5.26	0.0057
Error	285	1455.03	5.11		
Total	287	1508.72			

Apéndice 2. Tabla de análisis de varianza para el efecto de los insecticidas en condiciones de campo.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	P-Valor
Modelo	8	2418.40	302.30	21.51	<0.0001
bloque	3	230.45	76.82	5.47	0.0017
insecticidas	5	2187.95	437.59	31.14	<0.0001
Error	87	1222.48	14.05		
Total	95	3640.88			

Apéndice 3. Tabla de análisis de varianza para el efecto de los insecticidas en el laboratorio

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	P-Valor
Modelo	39	9116.10370	233.74625	127.04	<.0001
Error	500	919.97778	1.83996		
Total	539	10036.08148			

Apéndice 4 Regresión para el crecimiento en ancho y largo por la edad de las hojas de aguacate (*persea americana*).

Análisis de regresión no lineal

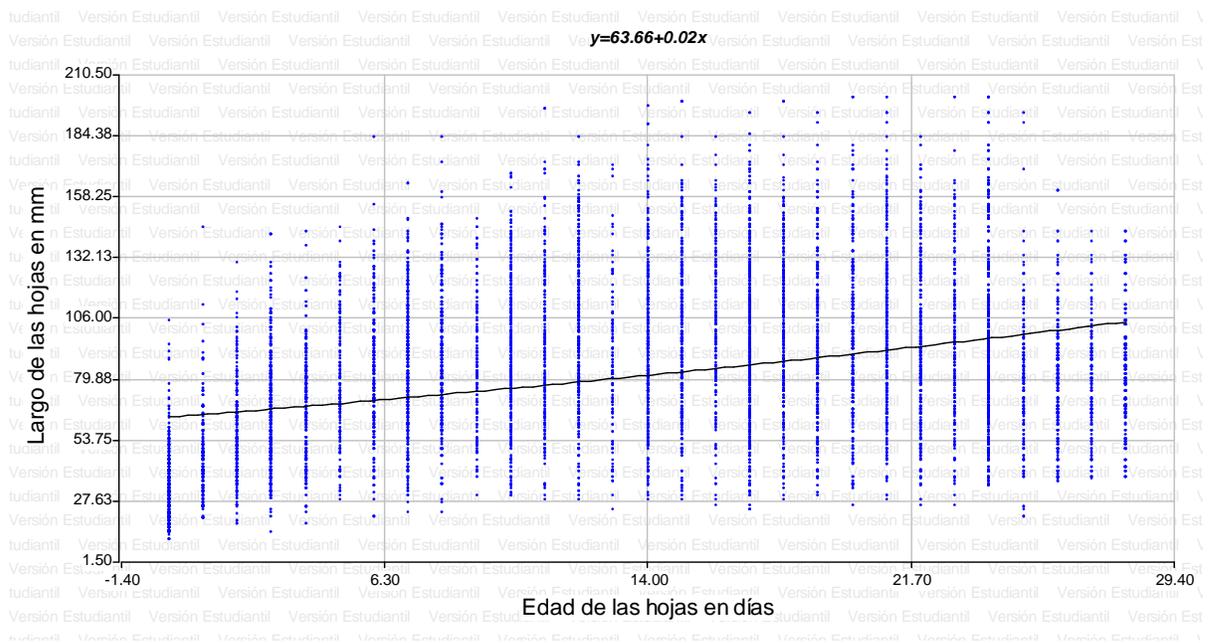
Modelo largo  $\alpha * \exp(\beta * \text{EdadHojas})$

Variable	N	CMError	Iteración
largo	8727	1097.85	2

Parámetros	LI PAR	LS PAR	Val.Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
ALFA	-1E30	1E30	11.00	63.66	0.60	105.53	<0.0001
BETA	-1E30	1E30	0.04	0.02	5.2E-04	34.18	<0.0001

Matriz de correlación de las estimaciones

	ALFA	BETA
ALFA	1.00	-0.89
BETA	-0.89	1.00



## Análisis de regresión no lineal

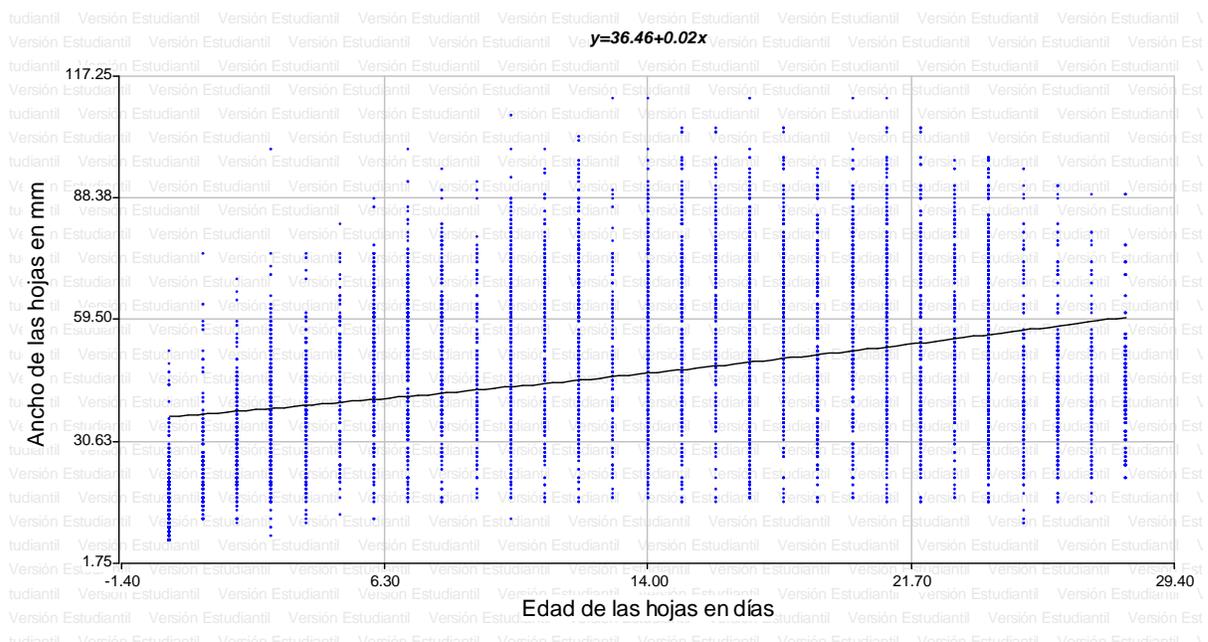
Modelo ancho alfa\*exp(beta\*EdadHojas)

Variable	N	CMEError	Iteración
ancho	8727	379.26	2

Parámetros	LI PAR	LS PAR	Val. Ini.	Estimación	E.E.	T	p-valor
Alfa	-1E30	1E30	7.00	36.46	0.35	102.91	<0.0001
Beta	-1E30	1E30	0.05	0.02	5.3E-04	33.57	<0.0001

Matriz de correlación de las estimaciones

	ALFA	BETA
ALFA	1.00	-0.89
BETA	-0.89	1.00



Apéndice 5 Tabla de análisis de varianza para el número de huevos por hoja por cada orientación cardinal.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	P-Valor
Orientación	3	1867.07	622.36	56.86	<0.0001
Error	259	2834.85	10.95		
Total	262	4701.92			

Apéndice 6 Tabla de análisis de varianza para la longitud de las hojas infestadas por cada orientación cardinal.

Fuente de Variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Orientación	3	6203.30	2067.77	2.45	0.0637
Error	259	218270.57	842.74		
Total	262	224473.87			

Apéndice 7 Tabla de análisis de varianza para el diámetro de las hojas infestadas por cada orientación cardinal.

Fuente de Variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Orientación	3	1231.75	410.58	1.97	0.1189
Error	259	53991.01	208.46		
Total	262	55222.77			

Apéndice 8 Tabla de análisis de costo de la aplicación de una hectárea para cada uno de los insecticidas utilizados en esta investigación.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis / Ha	Costo/ aplicación / Ha	Aplicaciones / año	Costo / año
Neemex 4.5	Azadirachtina (4.5 i.a.)	432	68.48	6	410.89
Alias 2F	Imidacloprid (21.4 i.a.)	378	150.20	2	300.41
Pyrellin	Piretrinas + rotenona (1.6 i.a.)	862	25.05	6	150.31
Spintor 2SC	Spinosad (22.8 i.a.)	270	42.44	2	84.89
Pounce 3.2 EC	Permetrina (25.1 i.a.)	432	8.56	6	51.36

i.a.: Concentración de ingrediente activo